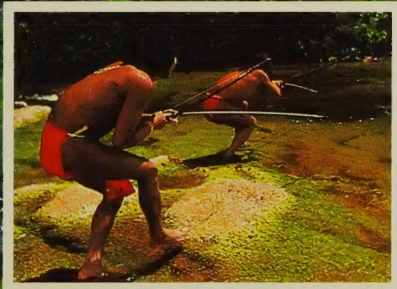


ALAN MITCHELL HUGH JOHNSON  
MAURICE BURTON JANET FRANCO JOSEPH GENNARO  
JAMES G. YOHO

# DIE WÄLDER DER WELT



HALLWAG



WÄLDER DER WELT bietet eine umfassende Text- und Bild-dokumentation über die Bäume und Wälder rund um die Welt. Das Werk stellt Pflanzen und Tiere vor, die in den Wäldern leben, und zeigt den vielfältigen Nutzen, den die Menschen aus dem Holz ziehen.

Im ersten Teil des Buches wird die Entstehung der Wälder erklärt, die Wirkung der Eiszeiten und die Bildung von Kohle und versteinerten Wäldern geschildert. Der Autor untersucht besonders ausführlich das Verhältnis des Menschen zu den Wäldern als seinem ursprünglichen Lebensraum.

Besonders eindrucksvoll wird die ökologische Fehlentwicklung geschildert, die mit dem Zeitalter der Entdeckungen und Erfindungen einsetzte: Riesige Waldbestände wurden für Schiffs- und Hausbau, Heizung und Produktion von Holzkohle benützt. Und da immer noch scheinbar unbegrenzte Waldreserven entdeckt wurden, dachte niemand daran, daß der Bedarf an bestimmten Hölzern das Angebot der Natur allmählich überstieg. Erst im 20. Jahrhundert wurde man sich der verheerenden Wirkung der jahrhundertelangen Plünderung der Natur bewußt, und die Einsicht in die Bedeutung von Forstwirtschaft und Naturschutz setzte sich durch.

Das Buch wendet sich im zweiten Teil den einzelnen Waldarten zu. Ein Kapitel behandelt die Nadelwälder, die nordischen Winter, die Taiga, die Bergwälder, die Waldgrenze und die Nadelhölzer der Südhalbkugel, ein anderes Kapitel stellt die Wälder im tropischen Gürtel, von Südamerika über Afrika, Indomalaysia bis nach Australien, vor, die Mangrovesümpfe, die Bambus- und Regenwälder, aber auch die Flußgemeinschaften, Pflanzen- und Tieranpassungen, und die urtümlichen Waldbewohner.

Im Kapitel über die gemäßigten Zonen ist von unseren einheimischen Wäldern die Rede, aber auch vom Wald in China und Japan. Im












# DIE WÄLDER DER WELT












Die Goldkatze, *PROFELIS TEMMINCKI*, die in Südostasien ein ausgedehntes Habitat besitzt, hat ein gleichmäßig rötlichbraun gefärbtes Fell und zwei ausgeprägte Streifen auf den gelblichen Wangen. Die Mittelkatzen der Wälder Asiens sind, wie ihre Verwandten anderswo, flinke Jäger, die selten unter Futtermangel leiden. Die meisten von ihnen sind gewandte Baumbewohner; sie stellen mit Erfolg Beutetieren nach, die in der Größe von Affen bis zu Vögeln reichen.









ALAN MITCHELL HUGH JOHNSON  
MAURICE BURTON JANET FRANCO  
JOSEPH GENNARO JAMES G. YOHO


# DIE WÄLDER DER WELT

HALLWAG VERLAG VERLAG BERN UND STUTTGART









Der nordamerikanische Waldsänger, HYLOCICHLA MUSTELINA, verläßt nicht gern die schattige Kühle des Laubwalds, der ihr, wie ihre Wohlgenährtheit zeigt, eine vielseitige, eiweißhaltige Insekten- und Beerenkost bietet. Der Waldsänger ist ein vollendeter Singvogel, der sein futterreiches Revier in der Morgen- und Abenddämmerung mit Melodien flötenähnlicher Töne erfüllt.



## Herausgeber

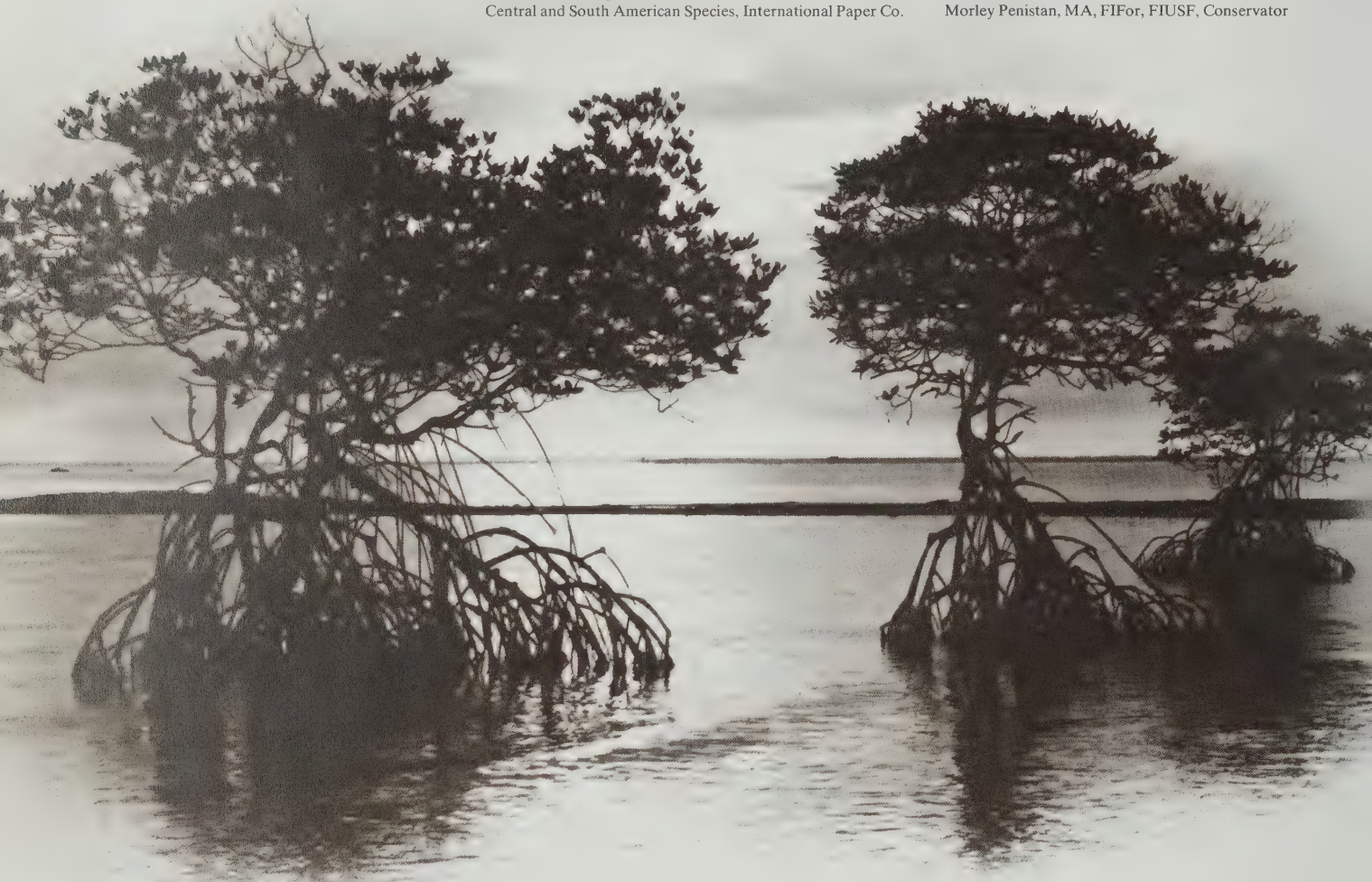
Dr. Maurice Burton  
Janet Franco  
Joseph Gennaro  
Hugh Johnson  
Alan Mitchell  
Dr. James G. Yoho

Herausgeber und Verlag danken der International Paper Company, durch deren Hilfe dieses Buch möglich wurde.

## Berater und Mitarbeiter

P. W. Allen, DPhil, FRSc, Malaysian Rubber Producers' Research Association  
Bernard L. Archer, PhD, DIC, Head of PRIM Biochemistry Unit, Malaysian Rubber Producers' Research Association  
Peter J. Banyard, MA  
W. R. Beath, MScTECH, Courtaulds Ltd.  
David Black  
Su Braden  
Robert Burton, MA, MIBiol  
Keith Crabtree, PhD, Lecturer in Geography, University of Bristol  
Dougal Dixon, MSC  
Dr. Carl M. Gallegos, Senior Research Forester  
Central and South American Species, International Paper Co.

Joseph Gennaro, Editor *Viewpoints* Magazine, International Paper Co.  
P. Hilton, BSc  
R. E. Holttum, ScD, Honorary Research Associate, Royal Botanic Gardens, Kew  
Richard H. Kirby, OBE, BCom, PhD, früher beim Tropical Products Institute, London  
Michael Janson, BSc  
Alison Klein  
Scott Leathart, MBE, MA (For) Oxon; FLS, Editor Quarterly Journal of Forestry, früher Secretary, Royal Forestry Society  
William M. Michaels, Manager News Services, International Paper Co.  
Morley Penistan, MA, FIFor, FIUSF, Conservator



Umschlagbild: Blassis, Barcelona  
Umschlaggestaltung: Otto Juditzki

Alle deutschen Rechte vorbehalten  
©1981 Hallwag AG Bern

Die englische Originalausgabe ist unter dem Titel  
«The International Book of the Forest» im Verlag  
Mitchell Beazley, London, erschienen.  
©Mitchell Beazley Publishers Limited 1981

Deutsche Übersetzung: Eva-Maria Gerber-Alder  
Satz: Trettin + Schilli, Derendingen, Schweiz  
Gedruckt in Holland  
ISBN 3 444 10278 X



# Inhalt

Vorwort von Hugh Johnson 13

## DER WALD EINST UND JETZT

Der Baum 16  
Der Wald in seiner Umwelt 18  
Die ersten Wälder 20  
Kohle und versteinerte Wälder 22  
Die Harmonie zwischen Mensch und Wald 24  
Die Eiszeiten 26  
Der Wald nach der Eiszeit 28  
Die ersten Kulturen 30  
Das Mittelalter 32  
Wälder und Seefahrt 34  
Das 18. Jahrhundert 36  
Das 19. Jahrhundert 38  
Die Frühzeiten des Forstbaus 40  
Forstwirtschaft und Naturschutz 42  
Die Gefährdung des Waldes durch die Natur 44  
Waldbrände 46  
Die Gefährdung des Waldes durch den Menschen 48  
Die Wälder der Zukunft 50

## DAS REICH DER BÄUME

### Nadelwälder

Nadelwälder 52  
Das Ökosystem 54  
Die Bäume 56  
Der nordische Winter 58  
Der Sommer 60  
Die Taiga 62  
Die Waldgrenze 64  
Die Bergwälder 66  
Die Nadelhölzer der Südhalbkugel 68  
Der Regenwald von Olympia 70  
Die größten und die ältesten Bäume 72  
Die Waldhirsche 74  
Der Rauchwarenhandel 76

## DAS REICH DER BÄUME

### Tropenwälder

Tropenwälder 78  
Das Ökosystem 80  
Die Bäume 82  
Südamerika 84  
Afrika 86  
Indomalaysia 88  
Australasien 90  
Der Nebelwald 92  
Halbimmergrüne und Trockenwälder 94  
Die Mangrovesümpfe 96  
Die Bambuswälder 98  
Pflanzenanpassungen 100  
Tieranpassungen 102  
Die Flußgemeinschaft 104  
Der nächtliche Wald 106  
Flieger und Gleiter 108  
Primaten 110  
Waldstämme 112  
Forscher und Entdecker 114  
Das Regenwalddilemma 116

## DAS REICH DER BÄUME

### Gemäßigte Zonen

Gemäßigte Zonen 118  
Das Ökosystem 120  
Die Bäume 122  
Winter 124  
Frühling 126  
Sommer 128  
Herbst 130  
Kiefernwälder der gemäßigten Zone 132  
Immergrüne Wälder 134  
Sumpf- und Zypressenwälder 136  
China 138  
Japan 140  
Die Jagdwälder Europas 142  
Der Wald kommt zurück 144

## DAS REICH DER BÄUME

### Inselwälder

Inselwälder 146  
Das Ökosystem 148  
Die Bäume 150  
Australien 152  
Die Beuteltiere 154  
Neuseeland 156  
Die Inselwelt des Stillen Ozeans 158

## ROHSTOFFE AUS DEM WALD

Rohstoffe aus dem Wald 160  
Handelshölzer: geographische Verteilung 162  
Der internationale Holzhandel 164  
Die Forstwirtschaft 166  
Die Holzernte 168  
Das Sägewerk 170  
Sperr-, Span- und Faserplatten 172  
Furniere 174  
Holz für besondere Zwecke 176  
Bauen mit Holz 178  
Papiermachen – eine alte Kunst 180  
Bäume werden zu Zellstoff 182  
Zellstoff wird zu Papier 184  
Erzeugnisse aus Papier 186  
Zellulose 188  
Kunststoffe und Textilien 190  
Holzkohle 192  
Kiefernharz 194  
Harze und Öle 196  
Kautschuk – die Plantage 198  
Kautschukproduktion 200  
Gerbsäuren und Farbstoffe 202  
Kork 204  
Bambus 206  
Naturfaser 208  
Nahrung aus dem Wald 210  
Arzneimittel 212  
Erholung 214  
Die künftige Rohstoffquelle 216

Register 218  
Dank und Bildnachweis 224

of Forests, Forestry Commission (ret.)  
W. G. Potter, Press Officer, Timber Research and  
Development Association  
E. F. Roberts, Editor-in-Chief, Timber Trades Journal  
John A. Roberts  
David E. Rose  
Bryan Sage, Environment and Wildlife Consultant  
L. A. Spong  
Dr. Andrew Sugden  
M. F. Walsh  
Constance Webster, AIWSc  
Ralph Whitlock, FZS  
Dr. James G. Yoho, Manager International  
Development, Wood Products & Resources Group,  
International Paper Co.

### Konzept, Gestaltung und Redaktion

Michael A. Janulewicz  
Leonard Roberts

Margaret Mulvihill

Lesley Ellis  
Sean Keogh  
Zuza Vrbova

Nicholas Law  
David Rowley

Margaret Little

### Bildbeschaffung:

Marilynn Zipes

### Leitung der Bildbeschaffung:

Brigitte Arora

### Produktion:

Peter Phillips



Frauen und Kinder des Xingu-Stammes beim Pflanzen von Süßkartoffeln im brasilianischen Regenwald des Mato Grosso. Solche Lichtungen entstehen durch Einschlag und Abbrennen des Waldes. Der Brandrodungsfeldbau ist eine alte, unter den heutigen Naturvölkern der Tropenwälder weitverbreitete Landwirtschaftsform, die früher bei allen im Wald angesiedelten Kulturen gäng und gäbe war.













# Vorwort

«Dahinter erhob sich dunkel der Wald,  
Erhoben sich schwarz die Kiefern  
In ihrer Düsternis»

Die Kraft von Longfellows Bild ist universell. Der Wald ist die Welt, die unsere Primaten-Ahnen hervorbrachte. Dem Gefühl der Ehrfurcht, das uns im Wald ergreift, kann sich keiner entziehen. Wir fühlen uns unter seinem großen, weiten Dach geborgen, und doch macht er unsere Sinne so wachsam wie die von Tieren, empfänglich für die zahllosen Laute und Bewegungen, in denen sein verborgenes Leben sich äußert. Er löst Regungen und Reaktionen aus, deren Wurzeln in die früheste Geschichte der Menschheit zurückreichen – Wurzeln, die eine weltweite Tradition der bildenden Kunst, Literatur, Sage und Musik nähren, deren unerschöpfliches Thema und inspirierende Quelle der Wald ist.

Das Reich der Bäume ist so elementar wie das Meer. Freilich geht man im Wald nicht unter, aber man kann sich verirren; das Sonnenlicht ist auf schräg einfallende Strahlen und ein entferntes Schimmern hoch oben in den dunklen Wipfeln beschränkt; der Boden ist kahl und unfruchtbar; Raubtiere streifen umher.

Fast während unserer gesamten Geschichte haben wir den Wald als Feind betrachtet, als Feind, den wir durch die Plünderung von Holz beraubten oder den wir gar vernichteten, um lichterfüllte Räume und Platz für Felder zu schaffen. Es gab so viel Wald, daß der Gedanke, er könnte knapp werden, lächerlich war. Die wenigen Menschen, die den Erdball bevölkerten, konnten unmöglich die Menge an Holz verbrauchen, die jeder Baum in jedem Jahr erzeugte. Die Verwendung von Holz für Häuser, Schiffe, Holzkohle, Heizung hinterließ keine Spuren. Die Natur zerstörte durch Feuer und Sturm, Schädlinge und Krankheiten weit mehr Bäume als der Mensch.

Doch unversehens begann der Bedarf an bestimmten Bäumen bestimmten Alters die Bestände zu übersteigen. Die Schiffsbauer hatten Mühe, die großen gebogenen Äste zweihundert-jähriger Eichen aufzutreiben, die sie für Längs- und Kantspanten brauchten. Bereits im 17. Jahrhundert mußte die Marine den Bau künftiger Kriegsschiffe durch Baumpflanzungen sichern.

Es gibt frühere Beispiele für den Waldbau – ein Begriff, der sowohl Nutzung wie Schutz des Waldes umfaßt. Bei regelmäßigen Brennholzeinschlägen entdeckte man, daß die aus Stöcken und Stümpfen nachwachsenden Gerten kräftiger als

das ursprüngliche Holz und oft geradwüchsiger sind, so daß sie als Bauhölzer wertvolle Dienste leisteten.

Doch just zu dem Zeitpunkt, als man einsah, daß die dahinschwindenden Wälder der Alten Welt ohne Wiederaufforstung und Waldbau den Holznachschub nicht mehr gewährleisteten, bot sich in der Kolonisierung der Neuen Welt eine einfachere Lösung zum Beheben der Krise an: Die Wälder Amerikas schienen unbegrenzt und bargen Bäume von ungeahnter Größe und Holz von hervorragender Qualität.

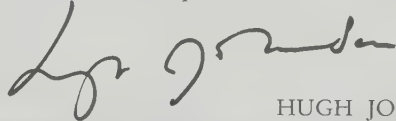
Das Fällen erbrachte doppelten Gewinn: Rohholz und Freiflächen für den Feldbau. Durch übereifriges Fällen wurden aber nicht nur die Bäume beseitigt, sondern auch das Erdreich – Wind und Wasser hatten den ungeschützten Boden alsbald abgetragen.

Erst im 20. Jahrhundert ist uns bewußt geworden, daß Mensch und Wald aufeinander angewiesen sind. Die Verbindung von technologischem Fortschritt und Bevölkerungsexplosion bedeutet das Ende der alten Praktik des Kahlhiebs einer unberührten Waldfläche nach der anderen. Es gibt keinen unberührten Wald mehr. Wir müssen von dem Holz zehren, das noch da ist, und zwar so, daß es zur Deckung unseres Bedarfs ausreicht.

In den industrialisierten Ländern hat man erkannt, daß der Wald die größte immer wieder erneuerbare Lagerstätte der Welt ist – eine unaufhörlich fließende, von Rohstoffen und Energie übersprudelnde Quelle, die nur versiegt, wenn man sie mißbraucht. Es ist für uns alle von größter Wichtigkeit, daß die Entwicklungsländer diese Einsicht möglichst rasch nachvollziehen.

Der Förster von heute braucht nicht mehr untätig abzuwarten, bis die Bäume reif sind. Er kann schnellwüchsigere, aufrechtere und stärkere Bäume ziehen. Unsere Nahrungs- und Blütenpflanzen sind jahrtausendlang selektiert und verbessert worden. Jetzt hat die Züchtung von Bäumen begonnen, und sie eröffnet erstaunliche Möglichkeiten zur Steigerung der Holzproduktion.

Meines Wissens ist dies das erste Buch, das sich mit den Wäldern des ganzen Erdballs befaßt. Um so bedeutsamer also, daß die Autoren um deren Gefährdung wissen und die Zukunft der Wälder dennoch optimistisch beurteilen.



HUGH JOHNSON



# DER WALD EINST UND JETZT

...eine deutsche Redensart behauptet, man sehe den Wald vor  
lauter Bäumen nicht. Zum Wesen des Waldes wie der Stadt  
gehört die Dimension der Tiefe; die Tiefe aber ist, wenn sie  
sich offenbaren will, dazu verdammt,  
sich in Oberfläche zu verwandeln.

Der Wald ist immer noch ein Stückchen von dem Platze  
entfernt, an dem wir uns jeweils befinden. Er ist vor ein paar  
Augenblicken von dort weggegangen, und uns bleibt nichts als  
eine frische Spur. Die Alten, welche die Umrisse ihrer  
Gefühlseindrücke auf lebendige, körperliche Formen  
übertrugen, dachten sich ihre Wälder von scheuen Nymphen  
bevölkert. Nichts könnte treffender,  
nichts anschaulicher sein.

Von jedem in ihm gelegenen Punkte aus betrachtet, ist der  
Wald strenggenommen nur Möglichkeit. Er ist ein Pfad, auf  
dem wir vordringen können, ist ein Quell, von dem, Hand in  
Hand mit der Stille, ein leises Rauschen zu uns herüberkommt,  
ein Quell, dessen wir nach wenig Schritten ansichtig werden  
müßten; er ist die kleine Liedstrophe entfernter Vögel,  
gesungen auf Zweigen, unter denen wir stehen könnten.

ORTEGA Y GASSET: Meditationen über Don Quichotte







# Der Baum

Bäume sind holzige ausdauernde Pflanzen, gewöhnlich mit einem einzigen Stamm, aus dem ein Stück über dem Boden Äste treiben, die das sich entfaltende Blätterdach tragen. Wie die meisten Pflanzen beginnt der Baum sein Leben als Samen, der bei genug Wasser und Wärme keimt; nach der Keimung treibt er ins Erdreich vordringende Wurzeln und einen Stamm, der dem Licht der Sonne entgegenwächst. Der Stamm des Sämlings stirbt nicht ab, wenn der Winter kommt, sondern verholzt und umgibt sich mit einer schützenden Rinde; die Blätter des nächsten Jahres fest in Knospen verpackt, ist er bereit, im Frühling weiterzuwachsen.

Jahr für Jahr wird der junge Baum höher und bildet seine charakteristische Form weiter aus. Dabei hat er stets einen Vorsprung vor seinen krautigen Rivalen, die zwar schneller wachsen als er, aber immer wieder neu mit dem Wachstum beginnen müssen, da sie jeden Herbst absterben. Selbst die holzigen Sträucher mit ihrer Vielzahl an Stämmen werden von dem jungen Baum übertroffen, da er seine ganzen Kräfte auf den einen Stamm konzentriert, bis er, alle Rivalen überschattend, zum ausgewachsenen Baum wird.

Die Fähigkeit der Bäume, zu hohen, massiven Gestalten heranzuwachsen — manche werden fast 120 Meter hoch und erzeugen an die 1000 Tonnen Holz —, beruhen auf einem erstaunlichen, vom Sonnenlicht ausgelösten Naturvorgang — der Photosynthese. Zwar ist der Prozeß des Gewebeaufbaus durch Photosynthese allen Grünpflanzen gemeinsam, doch die Bäume nehmen wegen ihrer dicken Stämme und der dafür nötigen spezialisierten Gewebe einen besonderen Platz unter den Pflanzen ein.

Ein Baum bildet jährlich neue Ringe holziger, saftführender Gefäße aus — im Sommer dickwandige, dunkel gefärbte, im Frühjahr feinere, hellfarbene; deshalb sind die Jahresringe im Querschnitt eines Baumstamms so gut erkennbar. Im Laufe der Jahre sterben die Gefäße vom Stammzentrum gegen außen hin ab; sie werden durch Gerbsäuren und Harze konserviert und bilden einen dauerhaften Kern, der die schwere Krone trägt und das Holz liefert, das in den Handel gelangt.

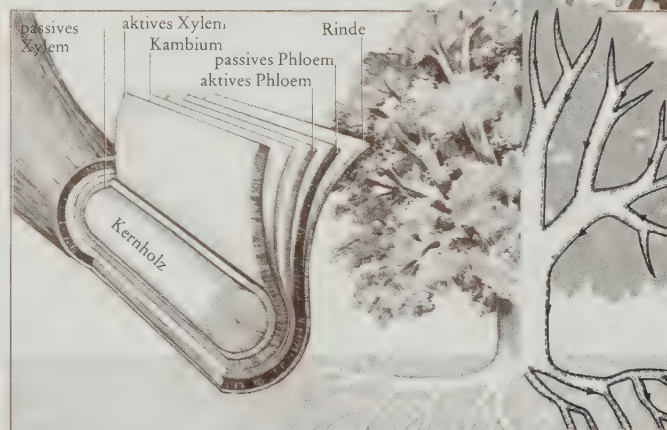
Es gibt zwei Gruppen von Handelshölzern, genauso wie es zwei Klassen von Bäumen gibt: zapfentragende Nadelbäume oder Koniferen, deren Holz im allgemeinen weich ist, und blütentragende Laubbäume, die meist ein hartes Holz hervorbringen. Da es jedoch Nadelhölzer gibt, die härter sind als viele Laubhölzer, gelten — nach der im deutschen Holzhandel üblichen Gruppierung — alle Koniferen und leichten Laubhölzer, wie Erle, Pappel, Weide und Linde, als Weichhölzer, und alle schweren Laubhölzer, so Eiche, Buche, Ulme und Esche, als Harthölzer. Dennoch sind Laub- und Nadelbäume,

ob mit schwererem oder leichterem Holz ausgestattet, in ihrem Aufbau verschieden.

Die Nadelbäume tragen ihr Blätterkleid das ganze Jahr, abgesehen von einigen Ausnahmen, etwa Lärchen und Sumpfschypressen, die ihre weichen Nadeln im Herbst abwerfen. Sämtliche Koniferen mit Ausnahme der Eiben tragen Zapfen; manche sind groß und auffällig, andere klein und unter dem Blattwerk versteckt. Da der Blütenstaub der Nadelbäume vom Wind übertragen und nicht von Vögeln oder Insekten verstreut wird, kann der Vermehrungsprozeß bereits sehr früh im Jahr beginnen.

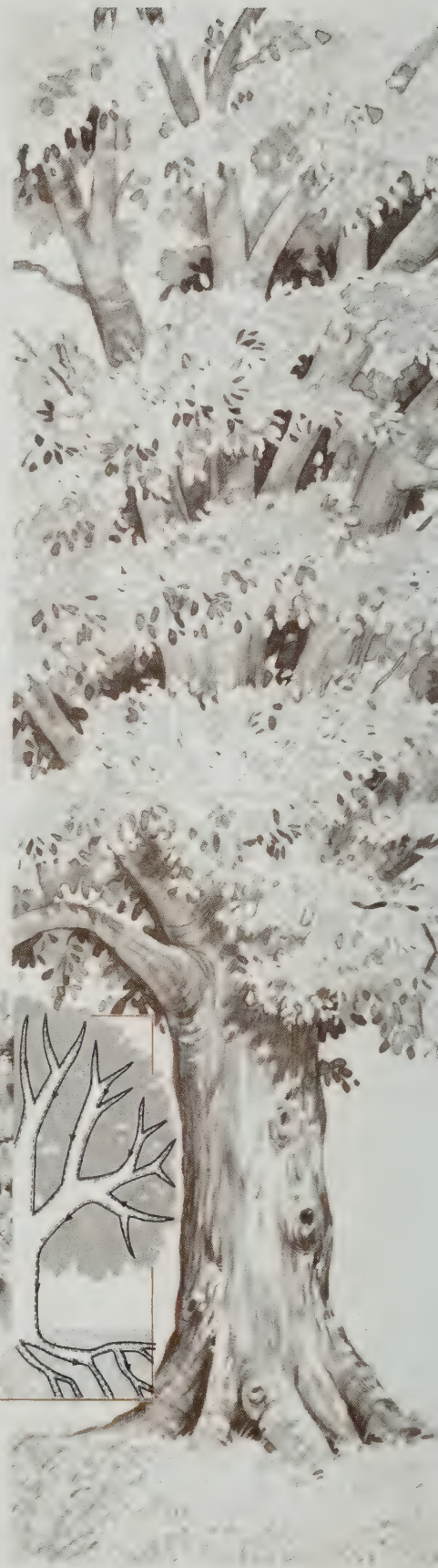
Die Laubbäume sind zahlreicher vertreten und verschiedenartiger als die Koniferen. Die meisten von ihnen sind laubwerfend: In den gemäßigten Zonen werfen sie ihre Blätter im Herbst ab und stellen das Wachstum ein, um Wind und Kälte zu überdauern; in Monsumgebieten verlieren sie das Laub zu Beginn der Trockenzeit, um Austrocknung zu vermeiden. Es gibt jedoch Arten, die ihre Blätter überhaupt nicht abwerfen: Die Bäume der tropischen Regenwälder, die keinem Wechsel der Jahreszeiten ausgesetzt sind, werfen ihre Blätter nie ab und wachsen ununterbrochen.

Bisweilen entfalten sich vor, meist aber nach den Blättern in der Baumkrone Blüten — manche als hängende männliche Kätzchen, wie die Blüten von Weiden, Pappeln, Eichen und Birken, deren Pollen vom Wind verstreut wird, andere als «vollständige» oder Zwitterblüten, deren männliche und weibliche Teile von einer leuchtend gefärbten, Nektar verströmenden Blütenkrone umgeben, dazu bestimmt, Insekten und Vögel anzulocken, die den Blütenstaub von einer Blüte zur andern tragen, so bei Kirschen, Magnolien und vielen anderen Bäumen.



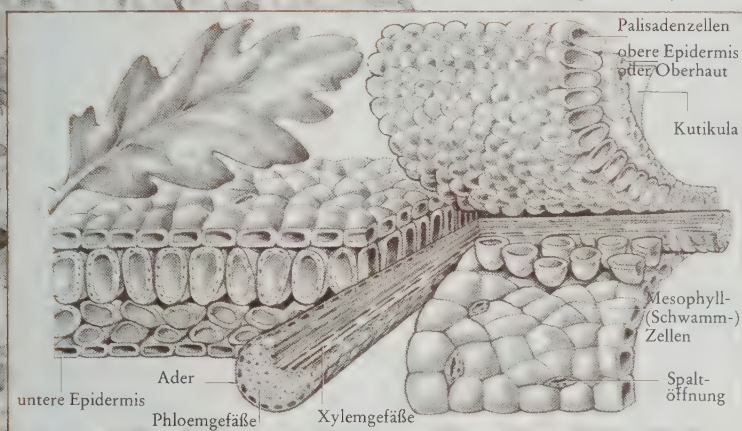
Oben Die Wurzeln nehmen Wasser und Mineralstoffe aus dem Boden auf. Das Wasser wird zu den Blättern geleitet, die Nährstoffe herstellen und verteilen. Eine aktive, unter der Rinde liegende Schicht

von Kambiumzellen erzeugt auf ihrer Innenseite Holzzellen (Xylem) und auf der Außenseite Rindenzenzellen (Phloem). Im Xylem steigt der Saft zu den Knospen auf, im Phloem fließt er hinunter.

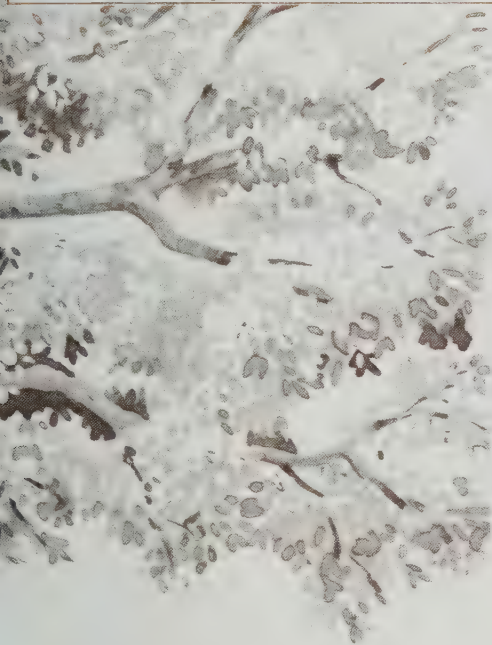




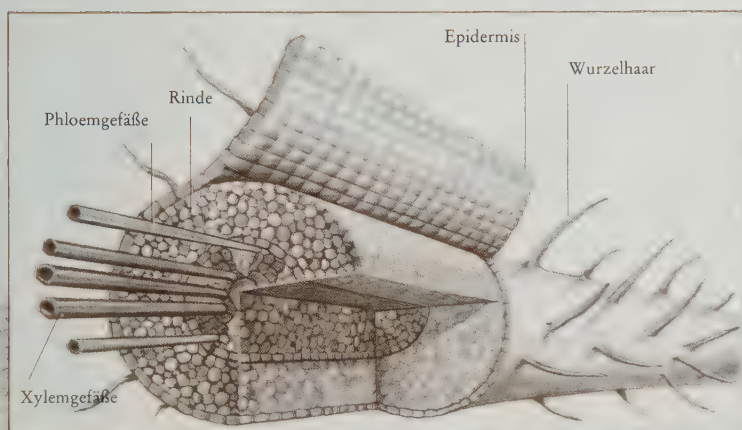
Unten Vergrößerter Querschnitt eines Blattes; die oberen Schichten sind abgelöst, damit die Bestandteile sichtbar werden. Die Epidermis oder Blattoberhaut schützt die Zellen, die durch ein Adernetz mit Nährstoffen versorgt werden. Der Holzteil des Leitungssystems führt Wasser von den Wurzeln empor; der Siebteil leitet die Nährstoffe zu den anderen Baumteilen. Durch die meist auf der Blattunterseite angeordneten Spaltöffnungen tritt Luft ein.



Oben Die Photosynthese vollzieht sich vor allem in den Blattzellen. Unter der Einwirkung des Sonnenlichts liefert der grüne Farbstoff Chlorophyll die chemische Energie, die erforderlich ist, damit Kohlendioxyd und Wasser reagieren und sich zu Kohlehydraten verbinden.



Unten Vergrößerter Querschnitt einer Wurzel. Die Millionen winziger Wurzelhaare – fingerförmige Ausstülpungen der Hautzellen – stoßen zwischen den Bodenteilchen vor und entziehen der Erde Wasser und Minerale.



## HARTHOLZ UND WEICHHOLZ

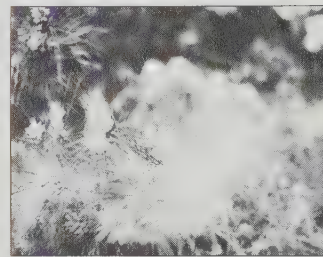
Holz ist ein kompliziertes Gebilde, das aus einer Vielzahl verschiedener Zellen besteht. Manche Zellen der Laubbäume, von den Botanikern als Angiospermen oder Bedecktsamer bezeichnet, unterscheiden sich von den Zellen der Nadelbäume, die in der Botanik Gymnospermen oder Nacktsamer heißen. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen,

daß die Laubbäume oft schwereres, dichteres Holz haben als die Nadelbäume, wenngleich nicht alle Laubbäume härter sind als Nadelhölzer. Die Hemlocktanne zum Beispiel bringt ein hartes Holz hervor, während Pappel- und Balsaholz sehr weich sind. Auf der Abbildung unten eine Gegenüberstellung der Merkmale beider Baumgruppen.

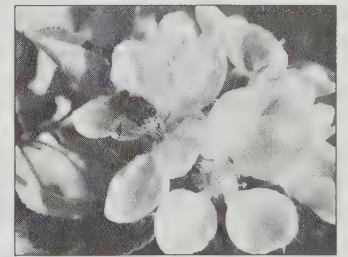


Zu den Nadelhölzern gehören alle zapfentragenden Arten, so die Gemeine Kiefer, *Pinus silvestris*. Koniferen sind meist immergrün, haben nadel- oder schuppenförmige Blätter und «nackte» Samen.

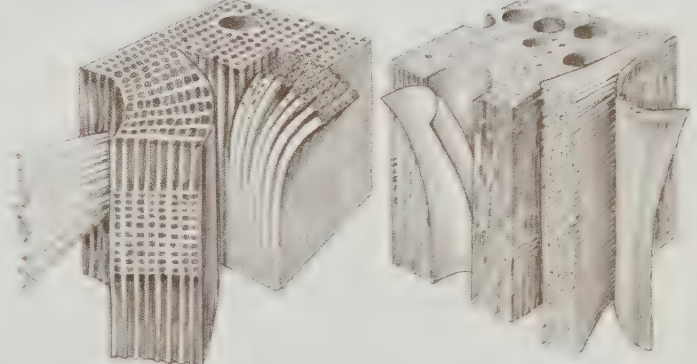
Laubbäume wie diese Stieleiche, *Quercus robur*, haben typische Merkmale. Die Frucht umschließt ihren Samen; manchmal sind männliche und weibliche Geschlechtsorgane in einer Blüte vereint.



Oben Vom Wind verbreiteter Pollen eines männlichen Zapfens der Montreux-Kiefer, *Pinus radiata*. Für die Befruchtung von Nacktsamern ist Wind unerlässlich.



Oben Ein Insekt bei der Befruchtung eines Kirschbaums, *Prunus*. Die Blüte dieses Bedecktsamers hat sich aus Blättern zum spezifischen Vermehrungsorgan umgebildet.



Oben Nadelhölzer haben eine einfachere Struktur als Laubbölzer; sie sind vorwiegend aus einer einzigen Art von Leitungszellen – den Faserzellen oder Tracheiden – aufgebaut, während ihr Anteil an Nährstoffspeicherzellen (Parenchym) und

radialen Leitungszellen (Markstrahlen) gering ist. Die Laubbölzer sind höher entwickelt; sie verfügen über eine größere Anzahl von Speicherzellen und Markstrahlen und besitzen auch großporige Gefäßzellen sowie dickwandige Fasern.



# Der Wald in seiner Umwelt

Wälder sind die grünen Lungen und schützende Hülle unserer Erde; ohne sie wäre unser Planet ein öder, unwirtlicher Ort.

Wie die meisten Lebewesen gedeihen Bäume nur in Gesellschaft von Artgenossen. Die großen Baumgesellschaften, aus denen die Wälder bestehen, sind komplizierte ökologische Systeme. Die Waldbäume befreien die Luft von einem Übermaß an Kohlendioxyd und reichern sie mit Sauerstoff an. Daneben schützen sie die Fauna und Flora des Waldbodens vor Wind und Regen, Hitze und Kälte.

Ohne Bäume und andere Grünpflanzen gäbe es kein höherentwickeltes Leben auf der Erde. Sie haben die einzigartige Fähigkeit, im Prozeß der Photosynthese Kohlenstoff zu assimilieren. Dank des grünen Farbstoffs Chlorophyll fangen sie die Lichtenergie der Sonne ein und nutzen sie, um Wasser, Minerale und Kohlendioxyd in energiereiche organische Verbindungen umzuwandeln. Wären die Pflanzen nicht in der Lage, das von den Tieren ausgeatmete (und vom Menschen durch Verbrennen fossiler Stoffe erzeugte) Kohlendioxyd für ihr unmittelbares und zukünftiges Wachstum zu gebrauchen und dafür Sauerstoff an die Luft abzugeben, würde der Oxygeengehalt der Atmosphäre absinken und alles Leben ausgelöscht.

Während beim Kohlenstoffkreislauf alle Grünpflanzen mitwirken, gibt es weitere lebenswichtige Aufgaben, die ausschließlich der Wald erfüllt. In seiner beschirmenden Rolle bildet er ein breites Dach, unter dessen Schutz Leben erst möglich ist.

Zum Wohl der Lebewesen, die des Schutzes bedürfen, fangen Bäume die Sonnenwärme auf und verwandeln sie in Energie, um dem Boden Wasser und Mineralstoffe zu entziehen, die ihrerseits für den Prozeß der Photosynthese nötig sind. Als Gegenleistung für den Schutz vor den Elementen, die ihnen das Walddach gewährt, und mit Hilfe des Rohmaterials aus zu Boden gefallen Blättern und Ästen, das ihnen die Bäume verschaffen, versorgen die zahllosen, das Erdreich bevölkernden Bakterien und Pilze den Boden ununterbrochen mit lebensnotwendigen Nährstoffen: Sie «binden» Stickstoff aus der Luft an den Boden und bauen ihn zu Nitraten um, die der Baum in Eiweiß verwandeln kann.

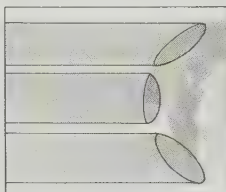
So schließt sich der Kreislauf des Lebens stets von neuem. Insekten und manche höheren Tiere verzehren Pflanzen und Blätter, während sich Vögel und andere Tiere von Insekten ernähren. Wieder andere Tiere fressen sich gegenseitig auf; im Leben geben sie ihre Ausscheidungen, im Tod ihren Körper ans Erdreich ab, und der Kreislauf beginnt von neuem.

Je ausgedehnter der Wald und je wärmer und feuchter das Klima ist, um so größer sind

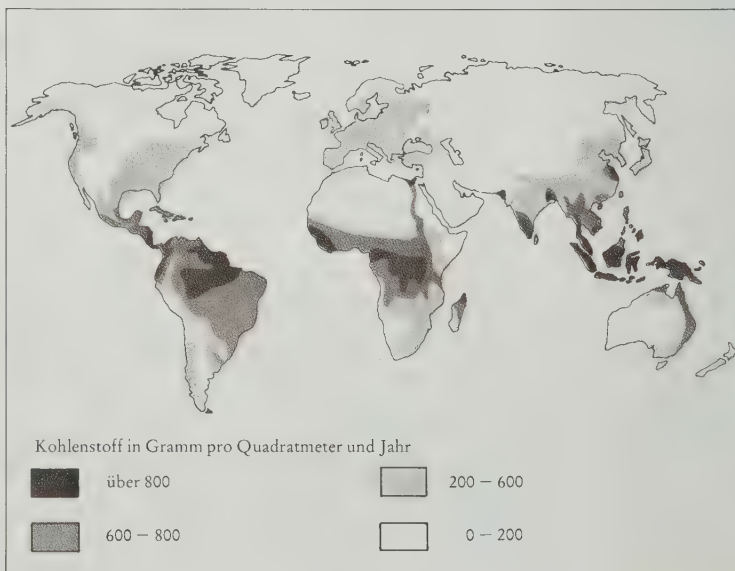


Oben Die Bäume absorbieren Energie aus dem Sonnenlicht und speichern sie als Blattwerk und Holz. Blätter und Früchte liefern den Waldtieren Nahrung. Schließlich

sterben die Bäume, verwesen am Boden und geben die gespeicherte Energie ab. Der Waldboden ist gegen grelles Licht, Regen und Winde abgeschildert.



Oben In Äquatornähe ist der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen das ganze Jahr senkrecht; in den vom Äquator entfernten Gebieten jedoch, die Jahreszeiten unterworfen sind, fallen die Strahlen schräg ein und verteilen sich über eine größere Fläche. Daher wird der Großteil an Kohlenstoff von den Tropenwäldern gebunden. Dieser Sachverhalt wird in der Karte rechts deutlich.





DER KREISLAUF DER ELEMENTE

Alle Teile des Waldes – Bäume, Tiere und Boden – stehen in einem Austauschverhältnis und halten so das Gleichgewicht zwischen Gasen, Wasser und Nährstoffen aufrecht.

DER WASSERKREISLAUF

Ein Teil des Regenwassers, das zur Erde fällt, wird dem Boden von den Baumwurzeln entzogen. Der Rest sammelt sich im Boden und fließt ins Meer zurück, wo ein Teil wieder verdampft.

DER KOHLENSTOFFKREISLAUF

Die Bäume absorbieren das Kohlendioxyd in der Luft und wandeln es mit Hilfe von Wasser in Kohlenhydrate um. Bäume wie Tiere atmen Kohlendioxyd aus; beim Tod geben sie gespeicherten Kohlenstoff an den Boden zurück. Ein Teil davon geht als Kohle oder Gas in die Erdkruste über.

DER SAUERSTOFFKREISLAUF  
Bäume und Tiere verbrauchen unaufhörlich Sauerstoff der Luft als Atmungsenergie. Dieser Sauerstoff wird laufend von den Waldbäumen durch Photosynthese oder Assimilation ersetzt.

DER STICKSTOFFKREISLAUF

Ein Baum vermag Luftstickstoff nur dann aufzunehmen, wenn er «gebunden» ist: Bakterien und Pilze wandeln Stickstoff in Nitrate um, die der Baum mit den Wurzeln absorbiert.

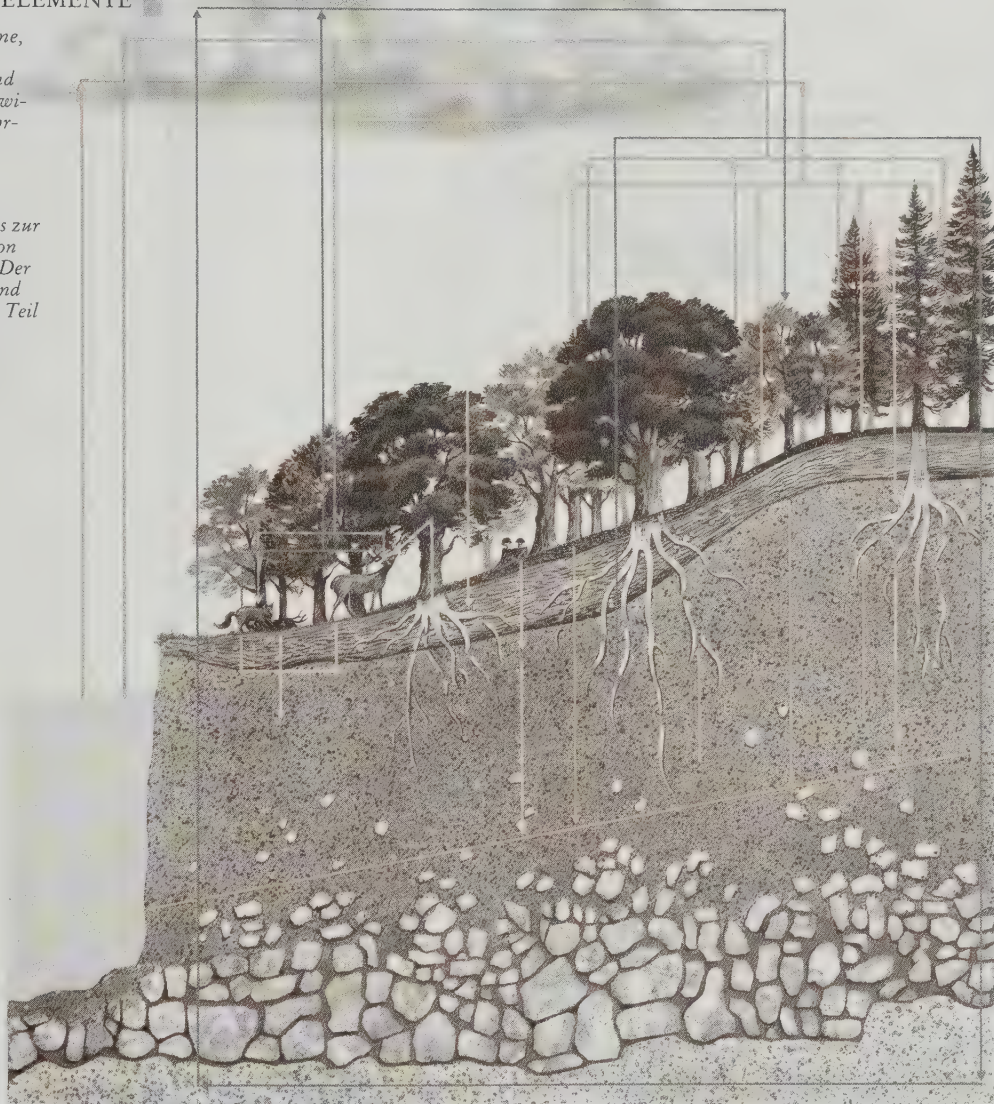
Umfang und Geschwindigkeit dieses unent-rinnbaren Kreislaufs. In den tropischen Regenwäldern weicht die Temperatur nie vom Wärmegrad ab, der für das Wachstum ideal ist. Das Sonnenlicht fällt senkrecht auf ein lückenloses, immergrünes Blätterdach von Bäumen, die unter den häufigen Regenfällen tropfen und dampfen. In den Tropen wird der Rhythmus der Jahreszeiten nicht von Wärme und Kälte, sondern von Perioden hohen und geringen Niederschlags bestimmt. Der schwammige Waldboden ist stets mit Zweigen und Ästen bedeckt, die sich schnell zersetzen, um Pflanzen und ganze Heerscha-ren unaufhörlich tätiger, größerer und kleiner Lebewesen zu erhalten.

Die Wälder der gemäßigten Zonen, in denen es im Herbst so kalt wird, daß die Bäume ihr Wachstum einstellen, unterscheiden sich stark von den Tropenwäldern. Sie sind weniger dicht, weil die Bäume ihre Blätter abwerfen und zu nackten Skeletten wer-

den, um den Winter ohne Wasserverlust und Windschaden zu überstehen. Zwar schirmen auch sie den Waldboden gegen intensives Sonnenlicht ab, aber da ihr Blätterdach durchlässiger ist, breiten sich oft kleinere Bäume oder Sträucher unter den Waldbä-umen aus, und Kräuter bedecken den Boden. Diese Vegetation schafft Lebensraum für eine weit vielfältigere Fauna, als sie in den Tropen möglich ist.  
Im Frühjahr und Sommer beschleunigt sich der Lebenskreislauf, da jedes Lebewesen den Prozeß der Vermehrung vor Wintereinbruch beenden muß, und der Wald ist erfüllt von Vogelgesang und dem Summen der In-sekten. Doch wenn die Blätter fallen und der Schutz der Bäume fehlt, erstirbt das Leben, und der Wald verödet.  
Noch höher im Norden, wo es nur wenige, aber lange Sommertage und zahl-reiche kurze Wintertage gibt, umschließen die großen Nadelwälder in einem breiten

Gürtel die Erde. Die Bäume sind immergrün, um für den plötzlichen Frühlingsanbruch und die kurze Vegetationszeit gewappnet zu sein; ihre Gestalt ist konisch, damit der Schnee von ihren Ästen gleitet, und zum gegenseitigen Schutz wachsen sie dicht nebeneinander.  
Wenn dann plötzlich der Winter einsetzt, erstarrt alles Wasser zu Eis, und der Saftfluß stockt. Schnee bedeckt den Waldboden, der Lebensrhythmus verlangsamt sich, und es herrscht Stille. Doch der Kreislauf des Lebens bricht nicht ganz ab. Manche Vögel können sich von den Samen der Zapfen er-nähren, und verschiedene Tiere in weißem Tarnkleid machen noch immer Jagd auf Beute. Die Vielzahl von Kleinstlebewesen, die den Boden unter der Schneedecke belebt, erhält genügend Schutz von den Bäumen, um auch den schlimmsten Winter zu über-dauern.

Von den Bäumen strömt der Fluß der Energie durch den ganzen Wald – zu den Tieren, die Laub und Knospen der Bäume fressen, und von diesen zu den Raubtieren, die sich von Pflanzenfressern ernähren.



Oben Zersetzer wie dieser Pilz, Oudemansiella mucida, ernähren sich von der toten organischen Rindensubstanz eines lebenden Baums. Dabei bauen sie diese Substanz zu einfacheren Verbindungen ab, die der Baum aufnehmen kann.



Oben Die im Boden lebenden Bakterien Anabaena in 900facher Vergrößerung. Sie oxydieren Ammoniumverbindungen, die sich beim Zerfall von Pflanzen bilden, zu Nitriten; andere Bakterienarten wandeln die Nitrite zu Nitraten um.



# Die ersten Wälder

Ursprünglich waren die Pflanzen einzellige Wesen. Die ersten evolutionären Vorgänge fanden im Meer statt. Die Einzeller entwickelten sich zu vielzelligen Organismen und schließlich zu primitiven Algen – den ersten Pflanzen von einiger Bedeutung. Als sich diese Pflanzen auf dem Festland ausbreiteten, waren sie einer feindlichen Umgebung ausgesetzt.

Genauso wie sich Pflanzen heute durch Photosynthese ernähren, nutzten sie damals zur Nährstoffherzeugung Kohlendioxyd und Wasser, die in der Atmosphäre reichlich vorhanden waren. Bei diesem Assimilationsprozeß gaben sie Sauerstoff an die Luft ab; in der Folge stieg der Oxygeengehalt der Atmosphäre allmählich an, bis es genug Sauerstoff für eine Anzahl primitiver Lebewesen gab. Eine dünne Schicht ungebundenen Sauerstoffs oder Ozons umgab die Erde und bewahrte sie vor ultravioletter Strahlung. Auch Tiere verließen allmählich das schützende Wasser und siedelten sich wie die Pflanzen auf dem Festland an.

Damit eine Pflanze auf trockenem Land leben kann, braucht sie ein Wassernetz – ein

System von Gefäßen, die Wasser aus dem Boden hinauf- und Nahrung aus den Blättern hinableiten. Über ein solches Leitungssystem verfügte eine Gruppe primitiver, farnähnlicher Pflanzen – die Psilophyten oder Urlandpflanzen –, die im Mitteldevon, einer jüngeren Ära des Paläozoikums, die Ufer eines Sees in Schottland besiedelten. Zwar wurden Fossilien früherer Landpflanzen gefunden, die darauf hindeuten, daß sich die Flora bereits vor dieser Epoche rasch höherentwickelte, aber dieser fossile Wald ist der älteste, der uns bekannt ist.

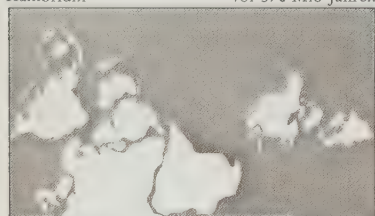
Im nächsten Zeitraum der frühen Erdgeschichte, dem Karbon, nahmen Farne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse baumähnliche Gestalt an. Sie wuchsen zu gewaltigen Höhen von dreißig Meter und mehr heran und bildeten große Sumpfwälder mit üppiger Vegetation. Die Vertreter dieser Pflanzenklassen vermehrten sich ausschließlich durch Sporen und benötigten daher zur Fortpflanzung Wasser.

Die Cordaiten, riesige Schachtelhalmgewächse, gediehen in relativ trockenen Sumpfarealen und trugen fruchtbare Zweige mit

Pollensäcken und Eizellen an der Spitze. Diese Pflanzen waren die Vorfahren unserer Nacktsamer, der Gymnospermen.

Diese frühen Waldbäume haben sich in den heutigen Kohlenlagern als Versteinerungen erhalten. Aus dem regelmäßigen Muster ihrer Jahrringe geht hervor, daß sie in einer warmen bis heißen, jahreszeitlosen Umgebung wuchsen. Wie aber war es möglich, daß Pflanzen, die nur unter tropischen Bedingungen überlebten, an den Erdpolen gedeihen konnten? Die Festlandmassen der Erde befanden sich nicht immer dort, wo sie heute sind. Man muß sich die Erdteile als bewegliche, auf der Erdoberfläche treibende Scheiben vorstellen, die ständig zerfallen und sich wie Puzzleteile zu neuen Mustern zusammensetzen. Als Alfred Wegener in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts zum erstenmal die Auffassung vertrat, daß sich die Kontinente verschieben, fand man diese Annahme absurd und empörte sich darüber. In den letzten zehn Jahren wurde jedoch die Theorie der «Kontinentaldrift» durch Beweise aus verschiedenen Wissenschaftszweigen erhärtet.

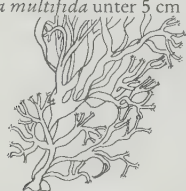
Kambrium vor 570 Mio Jahren



*Laminaria hyperborea* unter 5 cm

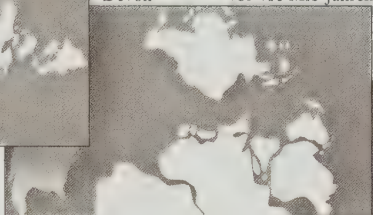


*Cutleria multifida* unter 5 cm



Im Kambrium waren die Kontinente so merkwürdig gruppiert, wie es in den folgenden 500 Mio Jahren nie mehr der Fall war. Die Flora beschränkte sich auf Seetang und Algen.

Devon vor 410 Mio Jahren



*Aneurophyton* 7,5 – 12 m

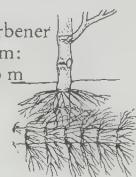


*Archaeopteris* 30 m

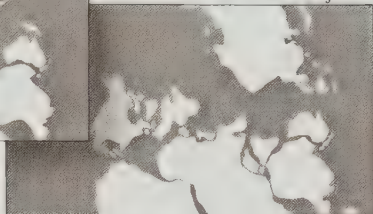


Im Devon war der Atlantische Urozean verschwunden; es entstanden die schottischen Berge und die Appalachen. Durch die gleichzeitige Kollision Europas mit Asien bildete sich der Ural.

ein ausgestorbener Schachtelhalm: *Kalamites* 15 m



Karbon vor 345 Mio Jahren



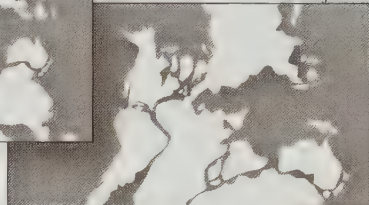
ein ausgestorbenes Bärlappgewächs: *Lepidodendron* 27 m

Im Karbon drehte sich Gondwanaland, der Festlandblock der Südhalbkugel, im Uhrzeigersinn und verschob sich um rund 30 Grad nach Norden. Euramerika bewegte sich nach Nordosten.

*Cycas* 6 m



Perm vor 280 Mio Jahren



*Bennettitee* 15 m



Im Perm waren alle Erdteile zu einem einzigen großen, Pangaea genannten Urkontinent vereint. Panthalassa bildete den Pazifischen Urozean, und die Tethyssee trennte Eurasien und Afrika.



*Ginkgo biloba* 24 m

Trias vor 225 Mio Jahren



*Voltzia* 18 m

Am Ende der Trias zerfiel Pangaea. Ein breiter Graben durch Gondwanaland leitete die Trennung Afrikas von Südamerika ein; Australien und die Antarktis blieben vereint.



Unten Diese Übersicht über die erdgeschichtlichen Epochen zeigt die wichtigsten Entwicklungen in der Evolution der Pflanzen im Verlauf von 600 Mio Jahren. Die Zahlen hinter der Epoche bedeuten Jahrmillionen.

Die Farne und ihre Verwandten – die Schachtelhalme und Bärlappgewächse –, aus denen die Sumpfflora der Karbonzeit bestand, waren nicht an die neuen, trockeneren und wärmeren Bedingungen des Perms angepaßt, das die Ära des Karbons ablöste. Sie verminderten ihre hohen, massiven Stämme auf die Größe der tropischen und subtropischen Baumfarne oder zogen sich an Flußufer und in feuchte Gräben zurück.

Neue Gymnospermengruppen gewannen die Vorherrschaft auf dem Festland: Bennettiten, Ginkgoazeen und Cycadeen. Sie hatten alle palmähnliche Blätter und kurze, gedrungene Stämme, und ihre Vermehrung durch Samen statt Sporen entsprach dem trockeneren Klima besser. Sie siedelten sich rasch weltweit an; die Festlandmassen bildeten damals einen einzigen, heute Pangaea genannten Urkontinent; die Samenverbreitung war also nicht durch Meeresbarrieren behindert. Der Urkontinent zerfiel allmählich, bis sich die nördliche von der südlichen Hälfte abtrennte und Eurasien und Gond-

wanaland entstanden. Dieser Vorgang vollzog sich im Jura, einem Abschnitt des Mesozoikums (erdgeschichtliches Mittelalter).

Die Jurazeit war durch ausgedehnte Wälder von Cycas, Ginkgos, Farnen und primitiven Koniferen gekennzeichnet, die den heutigen Araukarien glichen. Diese Wälder ernährten die großen Dinosaurier. Am Ende des Jura begann sich durch die Verbreiterung einer Spalte im Urkontinent der Südatlantische Ozean zu bilden. Durch die Drehung der eurasischen Festlandmasse wurde die Ostseite der Tethys – des ehemaligen Mittelmeers – abgeschlossen. In dieser Zeit, während der letzten mesozoischen Epoche, der Kreide, setzte die Vorherrschaft der Bedecksamere oder Angiospermen ein, deren bedeutendste Errungenschaft die Blüte war. Die meisten Nacktsamer wurden in kalte Klimaten oder große Höhen, die Samenfarne in ihre bescheidene Stellung als Stauden verdrängt.

Pleistozän		Wegen ausgedehnter Vergletscherung herrschen arktische Pflanzen vor.
Pliozän	2	Bäume gemäßigter Breiten im Norden
Miozän	7	Wiesen nehmen auf Kosten der Wälder zu
Oligozän	26	Tropenbäume in nördlichen Breiten
Eozän	38	Sowohl gemäßigte wie tropische Wälder sind weit verbreitet
Kreide	64	Angiospermen bilden sich aus und siedeln sich weltweit an
Jura	136	Cycas, Farne und Koniferen sind höherentwickelt als in der Trias
Trias	190	Ginkgos, Cycas und andere Koniferen mit palmenähnlichen Blättern beginnen sich zu entfalten
Perm	225	Ausgeprägte Entwicklung neuer Nadelbäume; die Bäume aus dem Karbon sterben aus
Karbon	280	Üppige kohlenbildende Flora, bestehend aus Riesenbärlapp und farnähnlichen Samenpflanzen, herrscht vor
Devon	345	Echte Samenpflanzen, <i>Archaeosperma</i> , haben sich gegen Ende dieses Abschnitts ausgebildet
Silur	410	Frühe Landpflanzen wie <i>Cooksonia</i> stellen sich ein
Ordovizium	440	Zahlreiche kalk- sowie schirmbildende Algenformen, die in gezeitenlosen Gebieten kuppelförmige Formen ausbilden
Kambrium	530	Algen
Vorkambrium	570	Primitive anaerobische Einzeller

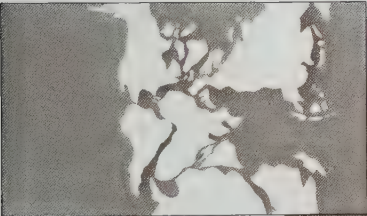
Norfolktanne  
*Araucaria heterophylla* 45 m



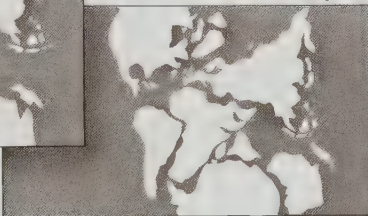
Platane *Platanus* 35 m



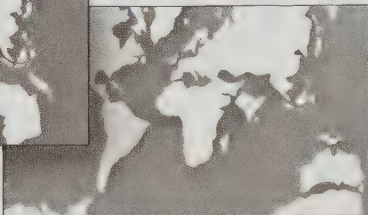
Jura vor 190 Mio Jahren



Kreide vor 136 Mio Jahren



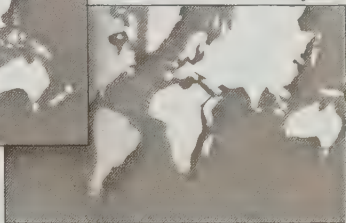
Tertiär vor 64 Mio Jahren



Gegenwart



Zukunft in 50 Mio Jahren



Im Jura kam es zu einem weiteren Riß im Urkontinent, der zur Abtrennung Nordamerikas von Afrika führte. Diese Kluft verbreiterte sich gegen Norden und spaltete Grönland von Europa ab.

In der Kreide begann sich der Nordatlantik zu verbreitern und schob sich zwischen Europa und Amerika. Indien löste sich von der Antarktis ab und driftete nordwärts; so entstand der Indische Ozean.

## DIE HEUTIGEN VERTRETER DER KARBON-FLORA

Unsere Schachtelhalme, Farne und Bärlappgewächse sind Reste einer Pflanzengruppe, die in



ein Schachtelhalm:  
*Equisetum telmateia*

früheren geologischen Epochen eine wichtige Rolle spielte. Im Karbon wurden sie so hoch wie



ein Bärlapp:  
*Lycopodium clavatum*

große Waldbäume. Heute wachsen sie nur noch zu Stauden oder Farnbäumen heran.



Baumfarne *Cyathea*

Zu Beginn des Tertiärs hatte sich der Südatlantik zu einem großen Ozean erweitert und der Meeresarm des Nordatlantik von der West- auf die Ostseite Grönlands verschoben.

Durch den Zusammenstoß Indiens mit dem asiatischen Kontinent entstand die Himalaja-Kette. In der Gegenwart verbreitert sich der Atlantik noch immer, ebenso das Rote Meer und der Zentralafrikanische Graben.

Die zukünftige Position der Kontinente wurde aus ihrer heutigen Bewegung abgeleitet. Australien wird sich vermutlich nach Norden verschieben, bis es an Eurasion anstößt; Kalifornien wird sich von Nordamerika lösen.



# Kohle und versteinerte Wälder

Die Wälder der erdgeschichtlichen Vergangenheit, ihre versteinerten und zusammengepreßten Überreste, versorgen uns heute mit Kohle. Der Hauptbestandteil von Kohle ist Kohlenstoff; die in Form dieses Elements gespeicherte Energie wurde vom Blattwerk ehemaliger Bäume erzeugt. Obwohl seit Millionen von Jahren tot, liefern sie uns noch immer einen wichtigen Rohstoff.

Kohle entsteht in der Regel in dichtbewaldeten Mooren, wo die Vegetation üppig und Wasser in Fülle vorhanden ist. Beim Absterben fallen die Bäume in den lockeren Schlamm, und ihre Reste sammeln sich im stehenden Wasser an. Im Moor ist die Tätigkeit der Bakterien wegen Sauerstoffmangels gering; die pflanzlichen Stoffe werden also nicht völlig abgebaut. Damit Kohle entsteht, müssen die Moore periodisch vom Meer überschwemmt werden. Zu Überschwemmungen kommt es oft, wenn der Meeresspiegel durch die Ausdehnung des Polareises ansteigt.

Die schleimige schwarze Masse teilweise zersetzter Bäume ist das erste Stadium bei der Bildung von Kohle. Diese Masse heißt Torf. Sie hat, abgesehen von ihrem höheren Stickstoffgehalt, die gleiche Zusammensetzung wie Holz; der zusätzliche Stickstoff stammt von der bakteriellen Tätigkeit, die zum Zerfall der Pflanzengewebe beitrug. Außerdem enthält Torf mehr Kohlenstoff, da durch den Boden, der sich über der Torfschicht abgelagerte, Wasser und Sauerstoff aus der Substanz herausgepreßt wurden.

Nach und nach sammeln sich über dem Torf immer mehr Sedimente an. Dabei wandelt er sich schrittweise um. Zuerst verdichtet er sich zum Brennstoff mit dem nächsthöheren Kohlenstoffgehalt, zu Lignit oder Braunkohle. Lignit ist ziemlich weich, verwittert rasch, wenn er der Luft ausgesetzt ist, und enthält sichtbare Pflanzenfragmente. Braunkohle wird in großen Mengen zur Erzeugung von Elektrizität verwendet.

Durch das Gewicht weiterer Ablagerungen noch stärker zusammengepreßt, verwandelt sich die Braunkohle in Schwarzkohle — die kompakte, brüchige Substanz, an die man beim Wort Kohle sofort denkt. Schwarzkohle hat einen Kohlenstoffgehalt von rund achtzig Prozent; die Holzstruktur ist in der Regel nicht mehr von bloßem Auge erkennbar. Diese Kohlenart kennzeichnet sich durch «glänzende» und «matte» Bestandteile, die Unterschiede im Pflanzenmaterial widerspiegeln, aus dem sie hervorgegangen ist. Es gibt Kohle mit glänzend-schwarzen Streifen, Clarit genannt, der aus Rinde und Holzgewebe der früheren Bäume entstanden ist. Clarit hat ein schuppiges Aussehen, das erkennen läßt, daß beim Ansammeln der Pflanzenreste instabile Bedingungen herrschten. Sind entstehende Torflager teil-

weise von seichtem Wasser überschwemmt, so bildet sich eher Durit — eine stumpfe, zähe Kohle ohne ausgeprägte Schuppen, die aus anorganischen, mit feinen Pflanzenresten wie Sporen und Blatthäuten vermischtem Schlamm besteht.

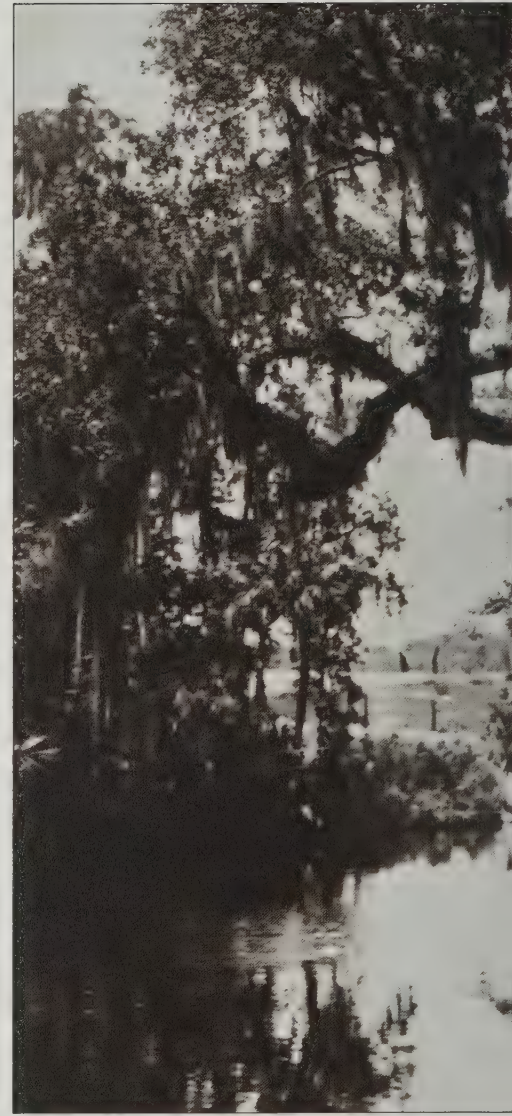
Wird Steinkohle durch neu hinzukommende Gesteinsablagerungen noch höherem Druck und noch größeren Temperaturen ausgesetzt, so verringert sich der Anteil an Wasser und Wasserstoff noch mehr, während der Kohlenstoffgehalt weiter steigt.

Wenn Steinkohle am Aufbau von Gebirgen oder an anderen starken Erdbewegungen mitbeteiligt ist, wird sie möglicherweise, zusammen mit dem sie umgebenden Gestein, in Anthrazit verwandelt. Anthrazit ist Kohle in ihrer verdichtetsten Form; sie enthält über neunzig Prozent Kohlenstoff, ist schwarz, hart und spröde und hat einen glasartigen Glanz. In der Regel liefert Kohle einen um so besseren Brennstoff, je höher ihr Kohlenstoffgehalt ist. Qualitätskohlen kommen jedoch fast ausschließlich in größeren Tiefen der Erdkruste vor und sind schwerer zu fördern als die weniger guten Sorten.

Da Kohle in periodisch vom Meer überschwemmten Mooren entsteht, wechseln die Kohlenlager stets in einer bestimmten Abfolge mit anderen Gesteinsschichten ab — die oberste Schicht ist Schiefer, darauf folgen Sandstein, abgesunkene Erde (eine dünne dunkle Lehmschicht, die Baumwurzeln enthält) und danach Kohle. Die Dicke des einzelnen Kohlenlagers ist ausschlaggebend dafür, ob es abgebaut wird oder nicht.

Die Kohlenreserven der Welt bestehen zum Großteil aus Steinkohlen; sie haben sich aus Pflanzen gebildet, die im Oberen Karbon — einem Abschnitt des erdgeschichtlichen Altertums —, vor 300 bis 280 Jahrmillionen, im Wasser versanken. In dieser Epoche waren ausgedehnte Landstriche, die heute auf der Nordhalbkugel liegen, mit dichten Wäldern bedeckt.

Die Braunkohlenlager der Erde stammen aus jüngeren Schichten. Die reichen Lager in Mitteleuropa und Norditalien entstanden vor weniger als fünfzig Millionen Jahren im Tertiär. In dieser Periode, in der weitgehend das heutige Erdbild entstand, war auch die Vegetation im wesentlichen gleich wie heute: Die Braunkohlenwälder bestanden aus Bedecktsamern, etwa *Nyssa*, und wasserliebenden Koniferen wie der Scheinzypresse, *Chamaecyparis thyoides*, und Sumpfcypressen, *Taxodium distichum*, die in der Nähe von Wasserlilien und Palmen wuchsen, genau wie heute in den Zypressensümpfen im Südosten der Vereinigten Staaten.



## WIE VERSTEINERUNGEN ENTSTEHEN

Unsere Kenntnisse von verschwundenen Wäldern beruhen weitgehend auf Petrefakten. Es gibt verschiedene Versteinervorgänge. So kann zum Beispiel ein Mineral, das zufällig reichlich vorhanden ist (etwa Silikat, Kalzit oder Pyrit), das ursprüngliche Pflanzengewebe Molekül um Molekül ersetzen, so daß eine genaue Kopie der Originalpflanze entsteht.

Die Konservierung der Sumpfwälder ging völlig anders vor sich. Die weichen, längst verschwundenen Gewebe der Bäume hinterließen oft einen Abdruck, gewissermaßen eine Form, im Gestein, das sie einst umgab. Bisweilen wird diese Form später mit einer mineralischen Ablagerung ausgefüllt, so daß ein Abguß der ursprünglichen Pflanze entsteht.

Bernstein ist ein fossiles Harz; es wurde von Koniferen erzeugt, die vor rund zwölf Millionen Jahren an der Ostsee wuchsen. Wenn das Harz aus den Baumrinden sickerte, fing es oft winzige Insekten ein, verhärtete später und konservierte so die Gestalt vieler ausgestorbener Arten bis in jede Einzelheit. Gagat oder Pechkohle ist ein edles Material aus geschliffener Braunkohle.



Unten Die Bedingungen tropischer Küstenmoore wie der Everglades in Florida gleichen den Bedingungen der Wälder, aus denen die Steinkohlenlager entstanden. Hier entstehen vielleicht die Kohlenlager der Zukunft.

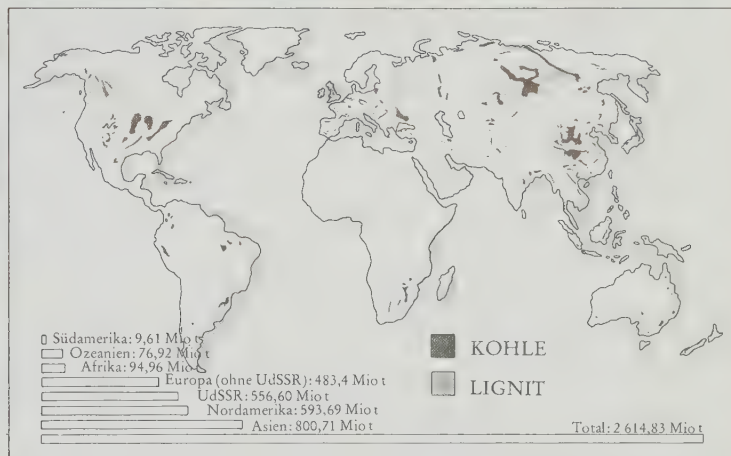
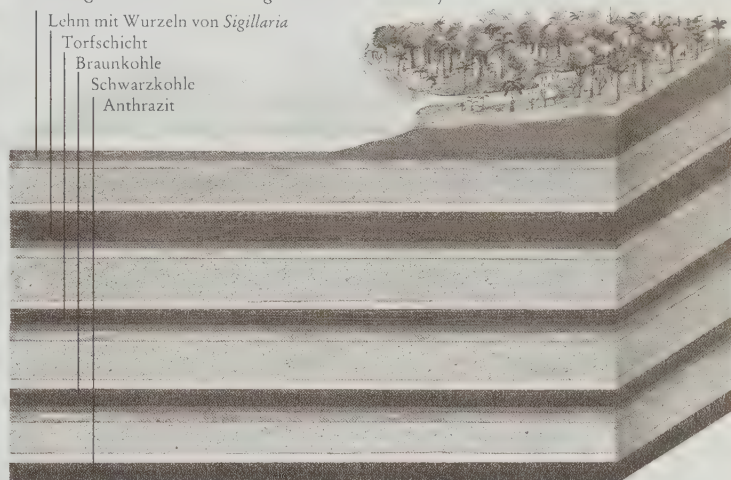
Rechts Die Vegetation kohlebildender Moore gedeiht bei relativ niedrigem Meeresspiegel. Steigt der Pegel an, wird sie durch Meeressedimente zerstört. Sinkt der Pegel, kann sich neuer Wald im Delta ansiedeln.



Unten Kohle entsteht aus Sumpfwäldern, die periodisch vom Meer überschwemmt werden. Die jeweilige Steinschicht unmittelbar über einem Kohlenlager enthält

Meeresfossilien, die von einer marinen Ingression herrühren. Über dieser Schicht nehmen die Meeressedimente ab, bis Frischwasserablagerungen von Sandstein auf-

treten. Die Pflanzen zersetzen sich erst zu Torf und verwandeln sich mit zunehmendem Druck der Schichten über dem Torf zu Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit.

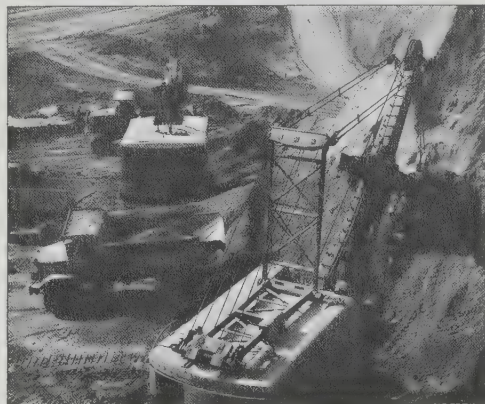


Unten Die Kohle oberflächennaher Lagerstätten kann billig im Tagebau gefördert werden, im Gegensatz zu den tieferliegenden Steinkohlen und Anthrazitflözen (unten rechts).

Oben Auf der Karte ist die geographische Verteilung der wirtschaftlich nutzbaren Kohlenreserven der Erde angegeben. Kohle hat sich in den vergangenen 300 Mio Jahren häufig dort gebildet, wo die

Bedingungen vorübergehend günstig waren. Die älteste bekannte Kohle hat sich auf der Bäreninsel bei Spitzbergen und in Nordrußland in Gestein erhalten, das aus dem Devon stammt. Zwei

Drittel der Kohlenvorräte der Erde entstanden im Karbon; seither kam es nie mehr in vergleichbarem Ausmaß zur Bildung von Kohle. 1978 war Asien der größte Hauptkohleproduzent.



Oben Diese versteinerten Holzstämmen liegen in Ostarizona verstreut. Sie wurden unter Vulkanschutt begraben; silikathaltiges Wasser

ersetzte dann das Holz durch Stein. Nach der Erosion der Vulkantrümmer kamen vollendete Repliken der Bäume zum Vorschein.



# Die Harmonie zwischen Mensch und Wald

Der Mensch ist ein Geschöpf des Waldes. Erst relativ spät in seiner Entwicklung, vor rund zwölf Millionen Jahren, verließ er Wärme und Schutz der Bäume, auf denen er bislang gelebt hatte, um sich mit Füßen, die zum Greifen ausgebildet waren, schwerfällig am Boden zu bewegen.

Vor etwa siebzig Millionen Jahren fand das Zeitalter der Reptilien ein ziemlich abruptes Ende. In einer nach erdgeschichtlichen Maßstäben kurzen Zeit verschwanden aus noch ungeklärten Gründen Dinosaurier, Brontosaurier, Pterodaktylen und andere große Tiere, die in den Wäldern gelebt und die Erde während der Epochen von Jura und früher Kreide beherrscht hatten (siehe Seiten 20/21). Ihr Aussterben hinterließ ein Vakuum, das den Säugetieren – einer relativ unbedeutenden Gruppe von Lebewesen, die damals bereits 130 Millionen Jahre ohne nennenswerte Mutationen existiert hatten – endlich eine Chance zur schnelleren Entwicklung gab.

In der Oberen Kreide, dem ausgehenden geologischen Mittelalter, traten vor vierzig bis siebzig Millionen Jahren in Nord- und Südamerika, Eurasien und vermutlich auch in Afrika die ersten Primaten oder Herrentiere auf. Die frühesten Herrentiere waren die *Prosimiae* oder Halbaffen – kleine, agile Säuger, die ausschließlich auf Bäumen lebten; zu ihren heutigen Vertretern zählen Lemuren, Loris und verwandte Gattungen (siehe Seiten 110/111). Ihre Höherentwicklung verlief parallel zur Evolution der Pflanzen. Die Wälder der Jurazeit müssen düstere Stätten gewesen sein. Die Bäume vermehrten sich einzig durch Windbestäubung; weder belebten Blüten, Früchte und Beeren die grüne Monotonie, noch durchdrangen Affengezeter und Vogelgesang die Stille. Zu einer Änderung kam es in der Kreidezeit, als Blütenpflanzen den Wald eroberten. Ihre eßbaren Früchte boten den Tieren, die genug Geschick entwickelten, sie zu erreichen, verlockende Nahrung; die Tiere wiederum trugen zur Verbreitung der Pflanzensamen bei.

Diesem Anpassungsprozeß verdankt der *Homo sapiens* eine Anzahl seiner wichtigsten Fertigkeiten. Die Finger und Zehen der Halbaffen verlängerten sich, bis sie ideal zum Greifen von Ästen waren. Die beschwanzten Affen erschienen zum erstenmal vor rund fünfzig Millionen Jahren auf der Erdoberfläche. Der Schwanz war ein hervorragendes Gleichgewichtsorgan und diente bei manchen Neuweltaffen, etwa Spinnen- und Brüllaffen, dank seiner Eignung zum Greifen als fünftes Körperglied. Die Affen entwickelten die neue Fertigkeit, sich allein mit Hilfe der Arme in einer Baumkrone fortzubewegen: Sie wurden zu Brachiatoren oder Schwingkletterern. Durch die Ausbildung kräftiger Arm- und Brustmuskeln und einem Schulter-

gelenk, in dem sich der Arm um volle 180 Grad drehen konnte, vermochten sich diese Baumtiere von Ast zu Ast zu schwingen. Diese Stärke und Spannkraft der Arme und Schultern sind dem Menschen erhalten geblieben. Da Sprünge durch den Raum eine präzise Abschätzung der Distanzen voraussetzen, bildeten die frühen Primaten auch die Fähigkeit des räumlichen Sehens aus. Die für die Schwingkletterer nötige Koordination von Gliedmaßen, Augen und anderen Organen bedingte wiederum ein größeres Gehirn.

Die Affen behielten die Fertigkeiten bei, die die *Prosimiae* herausgebildet hatten, fügten aber neue hinzu – so vor allem die Fertigkeit, dem Daumen die Finger entgegenzustellen, mit der sie Äste sicherer greifen konnten. Dennoch stiegen gewisse Affen allmählich von den Bäumen hinab – zuerst vielleicht, um abgefallene Früchte einzusammeln, vielleicht auch, weil ihnen der Wald wegen abnehmender Regenfälle nicht mehr ausreichend Nahrung bot. Jedenfalls lebten die Affen, aus denen der Mensch hervorging, nicht mehr ausschließlich auf Bäumen.

Die frühesten Spuren des Menschen, die man bislang fand, sind die in den indischen Siwalik-Bergen entdeckten Überreste des *Ramapithecus* – ein affenähnlicher, kleinwüchsiger Hominide, halb so groß wie der heutige Durchschnittsmensch, aber offenbar bereits mit aufrechter Haltung. Und mit dieser Fähigkeit kam ein neuer Fortschritt hinzu: Die langen, entgegengesetzten Daumen und Finger konnten für eine neue, wichtige Funktion eingesetzt werden – für das Aufheben von Stöcken und Steinen. Der *Ramapithecus*, der vor rund 14 Millionen Jahren lebte, hat diese Objekte womöglich gar als Werkzeuge verwendet. Vor zwei bis fünf Millionen Jahren tauchten in Ost- und Südafrika mehrere menschenartige Rassen auf. Eine davon, der *Australopithecus*, scheint ein verkümmelter Seitensproß des menschlichen Stammbaums gewesen zu sein. Eine weitere war der *Homo habilis*, ein Hominide mit kleinem Gehirn, jedoch mit der Fertigkeit, Werkzeuge herzustellen und zufällig aufgelesene Stöcke und Steine zu benutzen.

Der *Homo erectus*, der «aufgerichtete» Mensch, ist zweifellos unser unmittelbarer Ahne. Er lebte vor einer halben Million Jahren, und obwohl er nicht größer als 1,25 bis 1,5 Meter war, war es ihm gelungen, durch Behauen des Steins Äxte herzustellen; auch hatte er die äußerst wichtige Entdeckung gemacht, wie man Feuer nutzt. In China und Europa ausgegrabene Reste des *Homo erectus* und entsprechende Tierfunde lassen darauf schließen, daß er Elefanten, Wildpferde, Nashörner, Kamele, Hirsche, Wildschweine und auch kleinere Waldtiere erlegte und aß. Da das Fangen und Töten von Großwild die Fähigkeit des einzelnen übersteigt und das

Unten Bei den Halbaffen verlängerten sich Finger und Zehen; dadurch wurde das Greifen nach den dünnen Ästen erleichtert.



Unten Die Menschenaffen entwickelten eine neue Methode der Fortbewegung. Der Körper wird kraft der Schwingbewegung der Arme durch den Raum geschleudert.



Unten Bodenbewohnende Menschenaffen wie Schimpanse und Gorilla bewegen sich durch Aufstützen der Hände mit den Knöcheln am Boden fort.



Orang-Utan

Gorilla

planmäßige Vorgehen einer Gruppe erfordert, mußte der *Homo erectus* zu Kommunikation und Kooperation fähig sein.

Der Weg für den *Homo sapiens* war also geebnet; die ersten bislang entdeckten Spuren reichen rund 250 000 Jahre zurück. Die frühesten Exemplare der Rasse waren zwar immer noch zwergwüchsig, doch ihre Gehirnkapazität war der unseren sehr ähnlich. Die Entwicklung des Menschen war nahezu abgeschlossen.

Die ersten Hominiden drangen, um der Konkurrenz mit anderen Tierarten auszuweichen, aufrechten Ganges in die relativ trockenen Grassteppen vor, wo Früchte, Nüsse und andere Pflanzenkost weniger reichlich vorhanden waren als in den Wäldern. Um diesen Mangel wettzumachen, erlernten sie den Gebrauch von Waffen; als zusätzliche Nahrung erbeuteten sie Wild.





Unten Die Neuweltaffen bildeten einen Greifschwanz aus, der stark genug ist, um ihr Gewicht zu tragen, und eine sehr sensible Spitze aufweist.



Unten Die Baumbewohner unter den Altweltaffen besitzen entgegengesetzte große Zehen, im Gegensatz zu den bodenbewohnenden Menschenaffen jedoch keine opponierbaren Daumen.

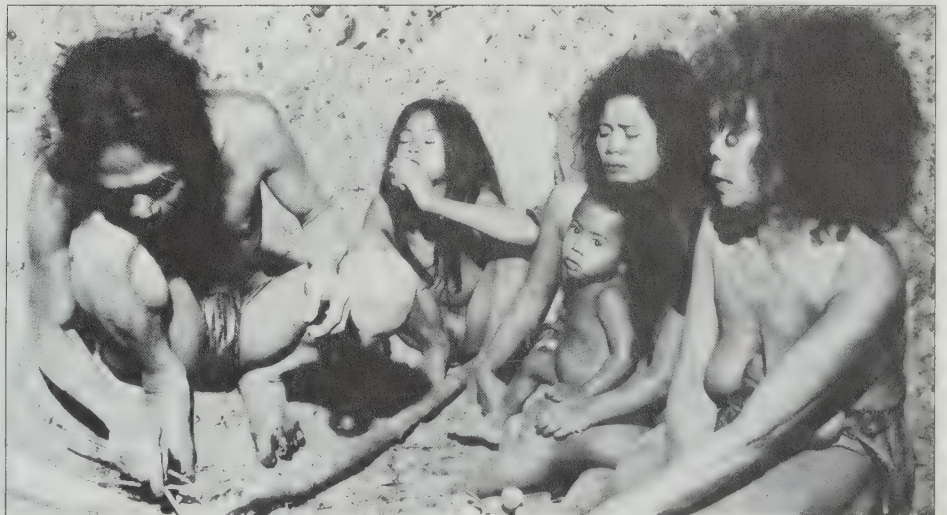


In den vergangenen 70 Mio Jahren bildeten die Primaten Fähigkeiten aus, die spezifisch an das Leben auf Bäumen angepasst waren. Jede Fähigkeit, die sich die Primaten neu aneigneten, ist noch beim heutigen Menschen vorhanden; so erbt der Mensch das Farbsehvermögen und die Koordination von Auge und Hand, die für Baumtiere lebensnotwendig waren. Diese Fähigkeiten wiederum führten zur Entwicklung eines besseren Gehirns. Die Primaten verbesserten ihren Bewegungsapparat schrittweise – vom vierfüßigen Gang der Halbaffen bis zur hangelnden Schwingbewegung der aufrechten Brachiatoren. Die Homi-niden nahmen die für den Menschen typische Gangart auf zwei Füßen an; die Hände waren zur Herstellung von Werkzeugen frei. Der aufrechte Gang ermöglichte es ihnen, den Konkurrenzkampf mit anderen Tieren zu vermeiden und in eine neue ökologische Nische auszuweichen – in die Übergangszone zwischen Wald und Grasland: Sie wurden zu Jägern und Sammlern.

## DIE ANPASSUNG AN DAS JÄGER- UND SAMMLERLEBEN

Noch heute sind in mehreren Erdteilen Jäger und Sammler zu finden. Erst 1971 wurde auf den Philippinen ein Stamm mit 25 Mitgliedern entdeckt, der sich selbst Tasaday nennt (*rechts*) und in den Regenwäldern der Insel Mindanao in Höhlen lebt. Diese Menschen fertigen einfache Werkzeuge an und stellen Tuch aus der zerstampften Innenrinde von Feigenbäumen her. Ihre Nahrung besteht aus Kleinwild, Fröschen, Krabben und Fisch sowie aus Wurzeln und Früchten. Sie leben in völliger Harmonie mit dem Wald.

Habitat und Lebensweise der in den Regenwäldern Zentralafrikas lebenden Mbuti-Pygmäen sind ähnlich. Sie ernähren sich von Vögeln, Affen, Raupen, rund sechs verschiedenen Antilopenarten, Wurzeln, Beeren, Früchten und Pilzen. In den heißen, feuchten Wäldern ist Nahrung stets in Fülle vorhanden. Die Punans sind ein weiterer Nomadenstamm, der die Urwälder durchstreift; ihre Heimat ist Borneo. Ebenso wie eine Reihe südamerikanischer Waldstämme benutzen sie Giftpfeile, die sie mittels Blasrohren abschießen.





# Die Eiszeiten

Die Ursache der Eiszeiten ist nicht genau bekannt. Winkelverschiebungen der Erdachse, übermäßige Vulkantätigkeit, periodische Schwankungen der Sonneneinstrahlung wurden als mögliche Gründe genannt; doch selbst wenn man beweisen könnte, daß durch einen dieser Umstände die Vereisung ausgelöst wurde, wüßten wir noch immer nicht, warum es geschah.

Wir wissen jedoch, daß die Vergletscherung ein sehr langsamer Prozeß war, der vermutlich im Pliozän, dem letzten Abschnitt des Erdzeitalters Tertiär, vor einer Million bis 15 Millionen Jahren begann. Die erste große Vereisung erreichte ihren Höhepunkt vor einer Million Jahren, im frühen Quartär oder Pleistozän. Der letzte Rückzug der

Gletscher war zwischen 10 000 und 8 000 vor Christus abgeschlossen, sofern er überhaupt je ein Ende nahm. Von den Eiszeiten muß daher im Plural gesprochen werden. Das Eis der Pole drang zumindest vier-, nach gewissen Theorien sechsmal in unser Gebiet vor und zog sich wieder zurück.

Der Vorstoß des Eises vollzog sich zwar langsam, aber unerbittlich. Jeden Winter rückten die Gletscher ein Stück weiter vor; jeden Frühling blieb der Schnee länger auf den Hochebenen liegen, bis er überhaupt nicht mehr schmolz, und jeden Herbst verschob sich der Rand des vereisten Meeres weiter nach Süden.

Vor den Eiszeiten herrschte fast überall auf der Nordhalbkugel ein wärmeres Klima

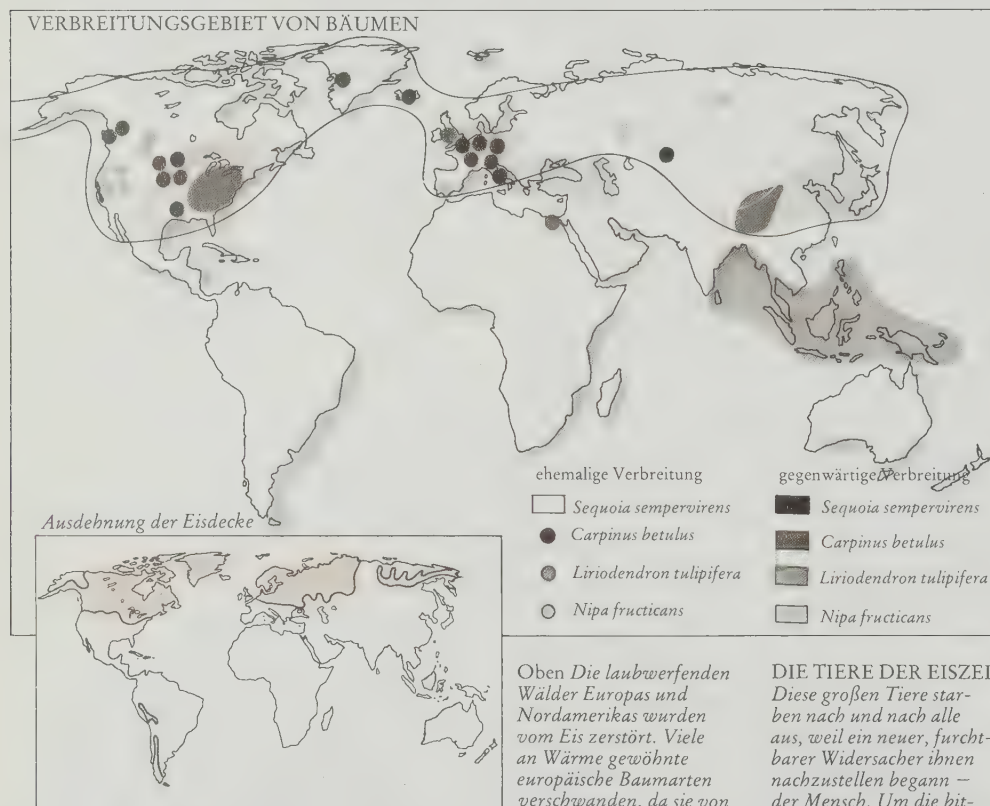
als heute. Die Wälder Nordeuropas und Nordamerikas bargen eine nahezu tropische Fülle von Baumarten. Neben den Bäumen, die heute noch in diesen Wäldern wachsen, gediehen Walnuß, Hickory, Bergahorn, mehrere Palmenarten, Zeder und Ginkgo. Je weiter das Eis vordrang, um so stärker zogen sich die Bäume nach Süden zurück, und bei diesem Rückzug spielte der geographische Aufbau der Kontinente eine wichtige Rolle.

In Nordamerika streichen alle Gebirgszüge, vor allem Felsengebirge und Appalachen, von Nord nach Süd, so daß sie den Wanderbewegungen der Bäume nicht im Weg standen. In den südlichen Tälern vermochten sich Waldinseln zu halten, und die Neubesiedlung des Nordens konnte beginnen, sobald wieder günstige Bedingungen herrschten. In Europa verläuft die Gebirgsbarriere jedoch von Ost nach West. Besonders Alpen und Pyrenäen bildeten ein unüberwindliches Hindernis. Als das Eis, zwischen dessen Rand und der Waldgrenze ein breiter Tundrängürtel lag, langsam weiter nach Süden drang, wurde den kalteempfindlichen Baumarten von Gebirgsnordwänden der Rückzug abgeschnitten. Diese Bäume hatten keine Chance, in den Warmzeiten mit Gletscherrückgang, die im Pleistozän häufig mit Kaltzeiten abwechselten, an den Ursprungsort zurückzuwandern. Nördlich der Berge wurden sie ausgelöscht. Nur im Osten Eurasiens herrschen ähnliche Bedingungen wie in Nordamerika; aus diesem Grund haben Arten wie Ginkgo, die in Europa schon längst ausgestorben sind, in China überlebt. China und der Osten der USA sind heute auch die einzigen Habitate von Tulpen- und Mammutbaum (*Sequoia sempervirens*).

Während des gesamten Pleistozäns folgten Säugetiere, die beweglicher sind als

tere Kälte der letzten Eiszeitphasen zu überleben, wurde er immer geschickter im Gebrauch von Fallen, Harpunen und Speißen.

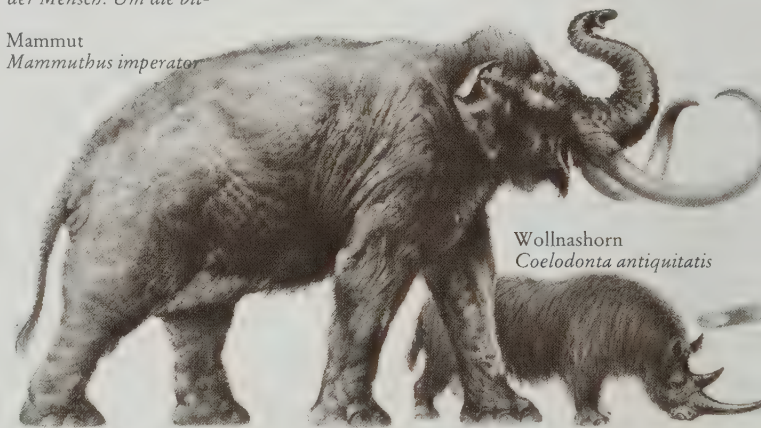
Anhand von Werken der steinzeitlichen Maler und Bildhauer sowie von fossilen Funden können wir uns leicht vorstellen, wie die vorgeschichtlichen



Oben Die laubwerfenden Wälder Europas und Nordamerikas wurden vom Eis zerstört. Viele an Wärme gewöhnte europäische Baumarten verschwanden, da sie von Alpen und Pyrenäen aufgehalten wurden. Der Nord-Süd-Verlauf der Gebirge Nordamerikas hingegen erlaubte einen ungehinderten Rückzug. Links Einst bedeckten riesige Wälder von Sequoia sempervirens die Nordhalbkugel; heute wächst dieser Baum nur an der Pazifikküste der USA. Auch das Verbreitungsgebiet der Hainbuche ist beschränkter als früher. Die Nipa-Palme zog sich nach Asien zurück, und der Tulpenbaum überlebte nur im Nordosten Amerikas und in China.

DIE TIERE DER EISZEIT  
Diese großen Tiere starben nach und nach alle aus, weil ein neuer, furchtbarer Widersacher ihnen nachzustellen begann – der Mensch. Um die bit-

Mammut  
*Mammuthus imperator*





## EINSAMMELN VON NAHRUNG

Im Frühling stellten unsere Jäger- und Sammler-Vorfahren Kuchen aus Johanniskorn, Sirup aus Baumsaft und Brot aus Rinde her. Im Sommer und Herbst sammelten sie als zusätzliche Nahrung Pilze und Blätter, Früchte, Beeren und Nüsse von Wildpflanzen ein. Einige davon sind unten abgebildet.



Unter dem neuen, warmen Klima bescherte den Wildbeutern Europas ein angenehmes, anregendes Dasein. Sie machten erfolgreich Jagd auf die Bisonherden. Der kräftige Bison an der Höhlendecke von Altamira wurde vor rund

10 000 Jahre von einem Cro-Magnon-Künstler gemalt. In der Höhle von Altamira sind neben Büffeln auch Wildpferde, Edelhirsche, Wildschweine, Elche und Wölfe abgebildet.



Bäume, den wechselnden Gezeiten des Eises. Viele der pflanzenfressenden Arten lebten an den Rändern der Wälder oder den angrenzenden Steppen, stets begleitet von Raubtierscharen. Manche dieser Tiere erreichten riesige Ausmaße und glichen eher dem ausgestorbenen Dinosauriern.

Erschöpfende Auskunft über die Fauna, die vor 10 000 Jahren die Erde bevölkerte, geben die Teergruben von La Brea in Los Angeles, Kalifornien – Teiche, die mit einem tückischen Wasserfilm überzogen sind und in Wirklichkeit aus Teer bestehen, der aus unterirdischem Gestein hervorsickerte und sich im Laufe der Zeit hier ansammelte. Tiere, die von dem Wasser trinken wollten, wurden von der zählebrigen Masse hinabgezogen, und ihre Knochen blieben in den Gruben liegen. Neben Überresten riesiger Faultiere und Mammute wurden Knochen von Kamelen und Wildpferden (die später in Amerika ausstarben), Tapiren, Hirschen und Bisons in großer Menge gefunden, vermischt mit den Resten der Raubtiere, die scharenweise über die im Teer versinkende Beute hergefallen waren. Auch in Eurasien wurden zahlreiche Funde gemacht, aus denen wir wissen, daß damals Großsäuger wie Auerochs, Elch, Moschusochse, europäischer Bison und Mammut in diesem Gebiet lebten.

Auch die Menschen waren ständige Begleiter der wandernden Herden, und wie die Raubtiere lauerten sie der Beute auf. Offensichtlich ließen sie sich nicht von Kälte und Sturm abschrecken, denn viele der frühesten Wohnstätten wurden in der Nähe von Gletschern gefunden. Diese ersten Menschen entwickelten unter dem Zwang rauher Klimaten immer mehr Erfindungsgabe und Anpassungsfähigkeit. Ihre gesellschaftliche Organisation führte schließlich sogar zur Entfaltung von Kunst und Kultur.

Waldtiere ausahen. Im Dauerfrostboden Sibiriens wurden zudem fast vollständige, eingefrorene Mammute gefunden, dar-

unter auch ein Mammutjunges. Wir wissen daher, daß Mammute und Nashörner langes, zottiges Fell und eine abfallende

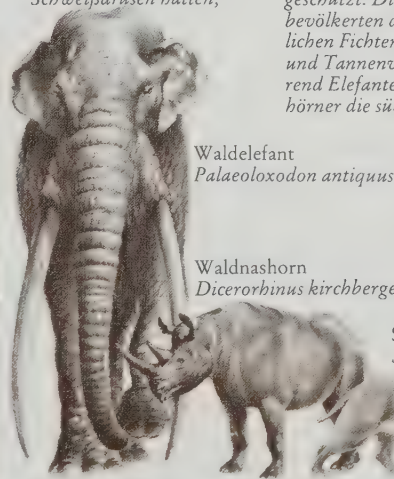
Rückenlinie hatten, was ihnen erlaubte, bequem zwischen den Baumstämmen zu äsen. Da sie keine Schweißdrüsen hatten,

waren sie in der grimmigen Kälte der Eiszeiten besser vor dem Verlust von Körperwärme geschützt. Die Mammute bevölkerten die nördlichen Fichten-, Kiefern- und Tannenwälder, während Elefanten und Nashörner die südlichen

Laubmischwälder vorzogen. Noch weiter südlich, in den Palmlikenwäldern, lebten die Riesenfaultiere. Diese trugen Pflanzenfresser waren eine leichte Beute des Säbelzähntigers, der ihnen auflauerte.

Oben Die Karte zeigt einen Vergleich zwischen ehemaliger und gegenwärtiger Verbreitung einiger Säugetiere. Viele arktische Säuger, deren Habitate sich heute auf das Gebiet um den Nordpol beschränken, lebten in großer Anzahl in Mitteleuropa und weiter im Süden, in Mähren und sogar in Spanien; dies läßt auf ein weit kälteres eiszeitliches Klima schließen.

## VERBREITUNGSGEBIET VON SÄUGETIEREN



Walddashorn  
*Dicerorhinus kirchbergensis*

Säbelzähntiger  
*Smilodon*





# Der Wald nach der Eiszeit



*Oben Als das Inlandeis zu schmelzen begann, bildete sich auf der Nordhalbkugel ein neuer, vorwiegend aus Birken bestehender Urwald. Zwischen 8 000 und 3 000 v. Chr. beherrschte die Birke das Landschaftsbild («Birkenepoche»).*

*Links Auf der Karte sind die Urwaldtypen eingezeichnet, die verschiedene Teile der Erde zu besiedeln begannen, als die Temperaturen gegen Ende der letzten Eiszeit allmählich anstiegen. Ein Teil Nordeuropas und die höheren Berge waren zwar noch immer mit Gletschern bedeckt, aber die Niederungen Nordasiens waren größtenteils eisfrei.*

Die Jäger und Sammler mit ihren primitiven Werkzeugen und ihrer einfachen Wirtschaftsform fügten den Wäldern der Nacheiszeit nur wenig Schaden zu. Als das Eis schmolz und das Wetter wärmer wurde, beherrschte die Birke das Landschaftsbild; Birken mit schlanken weißen Stämmen breiteten sich über endlose Flächen der rasch ausapernden Nordhalbkugel aus.

Dieser Baum begann eine grundlegende Rolle im Alltag zu spielen. Birkenrinde, in schmalen Streifen vom Stamm geschält, wurde wie Leder zusammengenäht. Man formte sie zu Gefäßen, solange gebrannter Ton unbekannt war, und baute daraus Kanus, die man als Transportmittel brauchte. Im Frühling wurde das frische Kambium junger Birken zu nahrhaftem, eiweißreichem Brot verarbeitet, während man ihren Saft zu Met vergor. Das Birkenpech lieferte den Leim, den die Jäger und Sammler benötigten, um den Holzstiel ihrer Äxte im Feuersteinblatt zu befestigen; mit dem Pech sicherten sie auch ihre Pfeil- und Speerspitzen. Die auf der Birke beruhende Zivilisation entfaltete sich zu Beginn der geschichtlichen Zeit und dauerte bis in die Epoche der frühen Ackerbaugemeinschaften; nordamerikanische Indianer verwenden Birkenrinde bis heute zur Kanuherstellung, und manche russischen Bauern tragen nach wie vor Rindenschuhe.

Die Jäger der Nacheiszeit schädigten den Waldbäumen zwar wenig, hingegen dezimierten sie bestimmte Waldtiere oder rotteten sie sogar aus, wie beispielsweise den West-Elch. Der Elch ließ sich vermutlich leicht töten; sein Fleisch diente als Nahrung, während das Geweih, genauso wie die Birke, vielseitige Verwendung fand. Viele der im Wald lebenden Großsäuger der Eiszeit, wie Mammut, Nashorn und Säbelzahn tiger, waren ausgestorben, weil sie sich nicht an die wärmere Witterung anpassen konnten. Ihr

## DIE TECHNIK DES «ABHAUENS UND ABBRENNENS» (Brandrodungsfeldbau)



*Nach und nach wurden die in den Wäldern Nord-Eurasiens lebenden Wildbeuter mit dem Ackerbau bekannt. Der ursprüngliche Charakter des Waldes hatte sich allmählich gewandelt; um 5 000 v. Chr. gab es hauptsächlich mit Ulmen, Linden, Tannen und Eschen durchsetzte Eichenwälder.*





Oben Vor seiner Ausrottung um rund 8000 v. Chr. wurde der Nord- oder Westelch von den Bewohnern der nördlichen Birkenwälder gejagt: Sein Fleisch war ebenso begehrt wie sein Geweih.

Unten Dieses ägyptische Bild stellt die Arbeiten im frühen Ackerbau dar: Es werden Bäume gefällt, Getreide wird geschnitten, und das Vieh zieht Pflüge durch den Schwemmsand.



Platz wurde von schnellfüßigeren Tieren eingenommen, die man schwer in Fallen einfangen oder mit primitiven Speeren, Schlingen und Pfeilen jagen konnte.

Als das Fleisch knapp zu werden begann, machten unsere vorgeschichtlichen Ahnen eine umwälzende Entdeckung. Als erfahrene Pflanzensammler stellten sie fest, daß die Samen wilder Gewächse wie Weizen und Gerste von Menschenhand ausgesät und die Pflanzen kultiviert werden konnten. Sie hatten begonnen, Landwirtschaft zu betreiben. Diese Entdeckung war für die Höherentwicklung des Menschen ebenso bedeutsam wie das Erlernen des aufrechten Ganges. Der frühe Ackerbau war zunächst ein unsicheres Unterfangen, und obwohl Haustierhaltung und Pflanzenanbau weit verbreitet waren, hatte sich die Lebensweise der Menschen wenig verändert: Wie ihre Vorfahren verschafften sie sich durch Fischfang und Jagd Nahrung, um überleben zu können. Der allmähliche Übergang von der Wirtschaftsform des Jagens und Sammelns zur Landwirtschaft wird, im Gegensatz zur Altsteinzeit oder zum Paläolithikum, Jungsteinzeit genannt und ist auch als «Neolithische Revolution» bezeichnet worden: Anstelle der altsteinzeitlichen, roh behauenen Geräte wurden nun geschliffene Äxte zum Fällen von Bäumen gebraucht.

Der Wald übte einen entscheidenden Einfluß auf die kulturelle Entwicklung aus. Die wichtigsten Kulturen der neolithischen Epoche — die der Ägypter im Niltal, der Inkas in den Hochanden, der nordamerikanischen Pueblos und der Bantu in Afrika — entstanden allesamt in Steppenland, wo das Schlagen von Bäumen kein großes Problem darstellte und wildes Getreide in großen Mengen wuchs.

Offenbar entstanden die frühesten Ackerbaugemeinschaften, die uns bekannt sind, um

10 000 vor Christus in den Überschwemmungsgebieten der großen Ströme der Welt — an Tigris, Euphrat, Indus, Nil und Huangho, dem Gelben Fluß. Die Schwemmsandböden der Flußebenen konnten mit einfachen Grabstöcken mühelos bearbeitet werden.

Mit zunehmendem Bevölkerungswachstum breitete sich der Ackerbau — von seinen Ursprungsgebieten in Asien und dem Mittleren Osten — im 5. Jahrhundert der Mittelmeerküste entlang und durch den Balkan bis nach Skandinavien aus. Die neuen Siedler, die nach Europa und Nordasien kamen, betrachteten die dichten Urwälder aus Eichen und Buchen, die anstelle oder neben der Birke gewachsen waren, als mögliches Ackerland. Nach und nach wurden die Wälder mit Hilfe der neuen Steinäxte geschlagen und in Felder umgewandelt.

Der Blütenpollen von Bäumen, den Archäologen an den Fundstellen neolithischer Äxte entdeckten, deutet darauf hin, daß kleinere Waldflächen abgehauen und abgeschlagenes Gestrüpp mit einer Birkenfackel in Brand gesetzt wurden. Nach dem Abbrennen säte man in dem warmen, aschebedeckten Boden Getreidekörner aus. Wenn der Wald nachwuchs, schlugen die Bauern in einem anderen Waldteil eine neue Fläche kahl. Diese Methode des «Abhauens und Abbrennens» wird noch heute vielerorts von halbnomadischen Stämmen angewendet.

Die Entdeckung, daß Tiere und Pflanzen domestiziert werden können, war eine wichtige Errungenschaft, da sie die Menschen unabhängig von ihrer Umgebung machte. Gegen Ende der Jungsteinzeit wurde ein weiterer Fortschritt erzielt — das Schmelzen von Metallen. Für das Heizen der Schmelzöfen waren wiederum große Mengen an Holz nötig (siehe Seiten 30/31).



Zunächst wurde der Wald stellenweise gelichtet. Mit Äxten aus Feuersteinblättern und Holzstielen schlug man schwächere Bäume und Sträucher ein und bedeckte danach den Boden mit abgeschlagenem Unterholz und Reisig, dann zündete man Lichtung um Lichtung an, so daß schließlich große Flächen abgebrannt waren.

In den warmen, mit Asche bedeckten Boden wurde Getreide gesät. Dieses Vorgehen wurde durch archäologische Pollenanalysen bestätigt, bei denen man das plötzliche Auftreten von Blütenstaub feststellte, der von «Adventivpflanzen» stammte — Gräsern, Korn und Unkräutern.

Wenn der Wald nachzuwachsen begann, wurde der Vorgang in einem anderen Waldteil wiederholt. Aus den Pollenanalysen geht hervor, daß auf einer abgehauenen Fläche andere Bäume nachwuchsen, so Weiden, Birken und Espen. Der ehemalige Charakter eines Waldes wurde also nie ganz wiederhergestellt.



# Die ersten Kulturen

Unten Von den Wäldern der Libanon-Zeder, *Cedrus libani*, sind nur noch kleine Bestände übriggeblieben. Diese Zedern spielten eine große Rolle in der Geschichte des Nahen Ostens.



Die frühen Kulturen hatten in den großen Flußtälern der Erde die besten Entwicklungschancen, denn die jährlichen Überschwemmungen und die langen, heißen und trockenen Sommer waren ideal für die Landwirtschaft; für das Wachstum von Bäumen sind diese Bedingungen allerdings ungünstig. Die sesshafte Lebensweise der frühen Ackerbaugemeinschaften erforderte jedoch eine steigende Zufuhr an Holz für die Errichtung dauerhafter Wohnstätten, und die wenigen Baumarten, die gegen Trockenheit unempfindlich sind, deckten die wachsenden Bedürfnisse nicht. Holz wurde zu einem wichtigen Rohstoff.

Die alten Ägypter des Niltals betrachteten mit Neid die Berge des Libanon, an deren Hängen sich damals ein Zedernbaum an den anderen reihte. Das witterungsfeste Zedernholz wurde zum Bau von Häusern, Palästen, Tempeln und Flotten verwendet, und Rollen aus Holz dienten zur Beförderung der gewaltigen Steinblöcke, aus denen die Pyramiden gebaut wurden. Zedernharz und gelegentlich -sägemehl wurden zum Einbalsamieren benutzt, und mit dem Harz, das Holz vor Zerfall schützt, imprägnierte man auch Särge und Schriftrollen. So kamen die im Libanon ansässigen Phönizier zu großem Wohlstand. Sie waren geschickt in Holzbearbeitung und Schiffsbau; den Großteil ihrer Erzeugnisse

führten sie nach Ägypten aus und tauschten sie dort gegen kostbares Gold, Metallarbeiten und Papyrus ein.

Zedernholz wurde in verschwenderischer Menge für den Tempel gebraucht, den König Salomo zwischen 965 und 926 vor Christus in Jerusalem erbauen ließ. Der König hob ein riesiges Herr aus, das die Zedern schlug und nach Israel beförderte. Als Entschädigung für das Holz und für die Hilfe erfahrener phönizischer Handwerker beim Tempelbau sicherte er König Hiram von Phönizien Lieferungen von Reinöl und Weizen zu, die während der gesamten Bauzeit des Tempels jährlich zu erfolgen hatten. Salomo hatte indes nicht damit gerechnet, daß der Tempelbau zwanzig Jahre in Anspruch nehmen würde, und geriet mit den Zahlungen in Verzug. Zur Tilgung der Schuld mußte er Teile seines Reichs, darunter zwanzig Städte in Galiläa, an Hiram abtreten. Das war die erste historisch belegte Landentäußerung.

Für die Römer war Zedernholz ein wichtiger Rohstoff für den Bau ihrer Flotte. Das schwindende Angebot bewog Kaiser Hadrian (117 bis 138 nach Christus), die nördlichen Wälder des Libanon mit dem kaiserlichen Bann zu belegen, um den Nachschub an Schiffbauholz zu gewährleisten.

Das Schmelzen von Metall verschlang ebenfalls riesige Holzmengen. Das erste



Metall, das geschmolzen wurde, war Kupfer. Da es gewöhnlich als Erz vorkommt, muß man es erhitzen, um Reinmetall zu gewinnen. Daß Metall schmelzbar ist, wurde vermutlich durch Zufall entdeckt; vielleicht erzeugte ein vom Wind geschürtes Feuer genug Hitze, um das Kupfer vom Erz zu trennen. Diese Entdeckung hatte aber zur Folge, daß die Kupferschmiede die Wälder plünderten, um die Holzkohle gewinnen zu können, die zum Heizen der Schmelzöfen nötig war. Aus einer Legierung von Kupfer und Zinn entsteht Bronze, die wesentlich härter ist als Kupfer und daher die Fertigung scharfer Äxte und Sägen zuließ, die den Einschlag von Wäldern erleichterten. Die zur Bronzeherstellung nötigen Rohstoffe – Holz zum Brennen von Holzkohle, Kupfer- und Zinnerz – kamen aber selten am selben Ort vor, so daß Bronze ein rares, kostbares Material blieb.

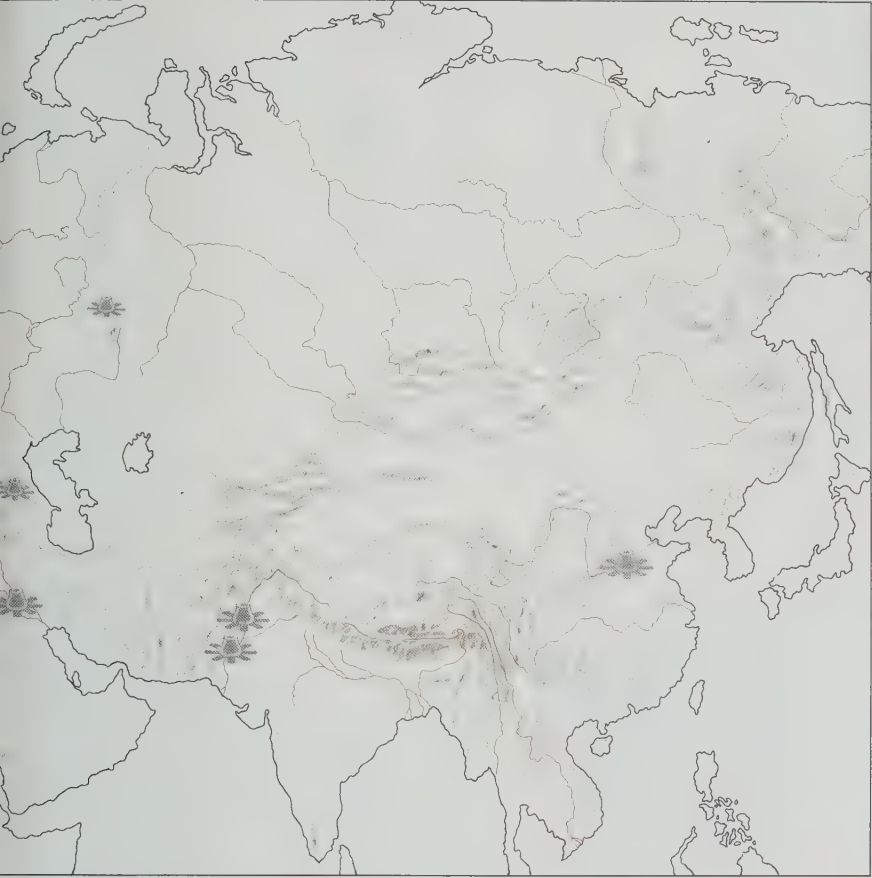
Das Schmelzen von Eisen erfordert mehr Geschick und höhere Temperaturen, aber da Eisenerz reichlich vorhanden und leicht zu finden war, ersetzte es allmählich die Bronze, und viele der älteren Geräte aus Stein und Holz wurden durch die weit härteren Eisenwerkzeuge ersetzt.

Die Kultur der Eisenzeit schlug sich in den keltischen Siedlungen nieder, die über ganz Eurasien verbreitet waren. Von ihrem Ursprungsgebiet im Nordraum der Alpen

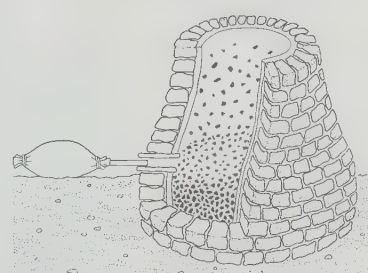


Vor 12 000 Jahren lebten die Menschen ausschließlich in kleinen Wildbeute-Gemeinschaften (links). Ein Wendepunkt in dieser Lebensweise wurde mit der Festigung der Kulturen erreicht, die sich in den großen Flußstätern der Erde herausbildeten. Auf der Karte (unten) sind die frühen Stätten der Metallbearbeitung eingezeichnet. Die Technik des Schmelzens von Erzen breitete sich von

ihrem Ursprungsort im Nahen Osten nach Indien und China aus, wo sich gleichzeitig unterschiedliche Kulturen entwickelten. Das Holz als einzige Energiequelle wurde überall in Eurasien in großen Mengen zur Speisung der Brennöfen gebraucht. Dies führte dazu, daß sich die Holzvorräte in diesem Gebiet bereits zu einem frühen Zeitpunkt drastisch verminderten.



Oben Ausgrabungsstelle im Libanon: Überbleibsel eines Kupferschmelzofens. Holzkohlenfunde beweisen, daß man zum Schmelzen des Erzes Zedernholz aus einem über 600 Kilometer entfernten Gebiet benutzte.



Links In der Eisenzeit wurden die Schmelz- oder Brennöfen abwechselnd mit Holzkohlen- und Erzschichten gefüllt. Nach dem Weichwerden des Erzes sammelte sich die Luppe am Boden an.

dehnte sie sich über Deutschland, Frankreich und Belgien nach den Britischen Inseln aus. Vor dem Aufkommen des Eisens war Eurasien von einem gewaltigen, nahezu undurchdringlichen Eichen-Mischwald bedeckt. Mit den Eisenäxten ließen sich auch wuchtige Waldbäume leicht beseitigen, und dank eisenbeschlagener Pflüge konnten selbst Lehm Böden gelockert werden.

Bernstein, das versteinerte Harz von Kiefern, die auf bewaldetem, heute in der Ostsee versunkenem Land wuchsen, war ein weiteres kostbares Gebrauchsgut dieser Zeit. Es wurde von Flut und Stürmen an die baltischen Küsten gespült und von Bernsteinjägern gesammelt.

Die Kultur der Kelten in den sommergrünen Urwäldern Europas und die Kultur der Maya, die den tropischen Regenwald Mittel- und Südamerikas bewohnten, erlebten ihre Blüte zur selben Zeit, und wenn auch Tausende von Meilen die beiden Völker trennten, war ihre Beziehung zum Wald überraschend ähnlich. Der Wald erfüllte sowohl Kelten wie Maya mit Ehrfurcht, da sie in ihrer Lebensweise von Bäumen abhingen, und der Baumkult war in Europa und Kleinasien weit verbreitet.

### DER KELTSISCHE KALENDER



Bei den Kelten bezeichneten die Monate wirklich «Monde»: sie erstreckten sich von einem Vollmond zum nächsten; Symbol jedes Monats war der Baum, der im betreffenden Monat Blüten oder Früchte trug. Das

Jahr bestand — nach einem logischen System — aus 13 Monaten mit abwechselnd 27 und 29 Tagen, was etwas einem Mondumlauf entspricht. Der überzählige Tag fiel auf den 23. Dezember — den Tag nach der Wintersonnenwende.

- 24. Dezember bis 20. Januar  
Birke (*beth*)
- 21. Januar bis 17. Februar  
Eingriffeliger Weißdorn (*luis*)
- 18. Februar bis 17. März  
Esche (*nion*)
- 18. März bis 14. April  
Erle (*fearn*)
- 15. April bis 12. Mai  
Weide (*saille*)
- 13. Mai bis 9. Juni  
Hagedorn (*vath*)
- 10. Juni bis 7. Juli  
Eiche (*duir*)
- 8. Juli bis 4. August  
Stechpalme (*time*)
- 5. August bis 1. September  
Haselnuß (*coll*)
- 2. bis 29. September  
Rebe (*mun*)
- 30. September bis 27. Oktober  
Efeu (*gort*)
- 28. Oktober bis 24. November  
Schilfrohr (*ngetal*)
- 25. November bis 22. Dezember  
Holunder (*ruis*)



# Das Mittelalter

Zwischen mittelalterlicher und neolithischer Landwirtschaft bestand kein großer Unterschied, obwohl ein schwereres, leistungsfähigeres Gerät an die Stelle des alten Pfluges getreten war. Die politische und wirtschaftliche Ordnung hingegen hatte sich völlig verändert. Rund neunzig Prozent der Menschen waren Bauern. Sie lebten in einer hierarchisch gegliederten Gesellschaft, deren Existenz davon abhing, daß sich die unvereinbaren Bereiche Ackerland, Weideland und Wald in einem ausgewogenem Gleichgewicht befanden. Einerseits lieferte Land, das man von Wald befreite, zusätzliches Getreide; andererseits mußte auch der Wald zahlreiche Grundbedürfnisse decken.

Das zu einem Dorf gehörende Ackerland bestand gewöhnlich aus drei großen Feldern, die in schmale Streifen unterteilt waren. Der Grundherr erhielt den Ertrag von einem dieser Felder, das Hörige (leibeigene Bauern) für ihn bestellten. Das übrige Land wurde häufig von Freisassen bewirtschaftet oder den Leibeigenen für den persönlichen Unterhalt zur Verfügung gestellt. Die Äcker waren von Marschland, Weide, Bergen und Wald begrenzt.

Seinem Stand oder der Größe seines Gutes entsprechend, hatte mancher Bauer das Recht, eine bestimmte Stückzahl Vieh zur Fütterung in den Wald einzutreiben; viele als Weide genutzten Eichwälder reichten bis an den Rand der Städte. In den Wäldern mästete man Schweine mit Eicheln, denn die Eiche wurde, bis in der Mitte des 18. Jahrhunderts die Kartoffel aufkam, nicht nach ihrem Holzertrag, sondern nach ihrem Ertrag an Wildfutter bewertet. Als zusätzliches Viehfutter lasen die Bauern Zweige vom Boden auf oder schnitten sie von den Bäumen – sie «schneitelten», wie man diese Tätigkeit nannte. Zur Aufbesserung der eigenen Nahrung in kargen Wintern sammelte der Bauer Waldfrüchte wie Haselnüsse, Bucheckern und Hagebutten und legte Vorräte an.

Mancher Bauer mit Sonderrechten hatte auch die Erlaubnis, im Wald zu fischen oder Torf zu stechen; beim Sammeln von Brennholz konnte er alle Äste mitnehmen, die er mit einem langen, gekrümmten Stecken von den Bäumen zu brechen vermochte. Holz wurde als Material für den Bau von Häusern (siehe Seiten 178/179) und die Herstellung von Werkzeugen, Karren, Weinpressen, Möbeln und Holzschuhen benötigt, die das einfache Volk tagaus, tagein trug. Zeidler betrieben im Wald die Imkerei mit Wildbienen: Sie lieferten nicht nur den einzigen Süßstoff jener Zeit – den Honig –, ihr Wachs war auch Rohstoff für Kerzen, nach denen in den Kirchen des Mittelalters eine große Nachfrage bestand.

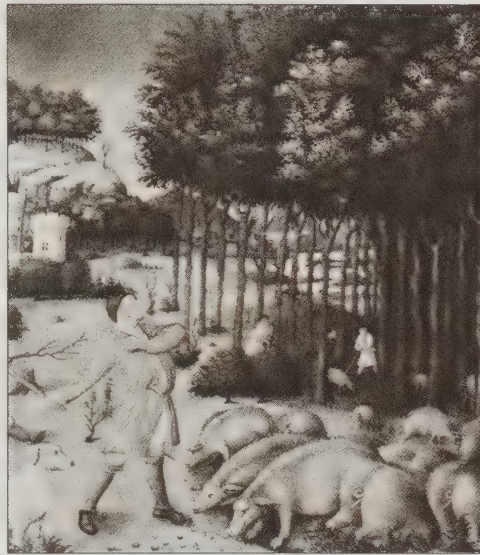
Zahlreiche Klöster, vor allem die Konvente der asketischen Benediktiner- und

Zisterzienserorden, wurden in abgeschiedenen Waldgegenden gebaut, da sich die Schwerarbeit der Rodung gut mit der Mönchsregel «Ora et labora» vereinbarte. Für die berühmte Abtei von Clairvaux suchte man sich ein unwegsames, von Räubern und Wölfen heimgesuchtes Waldtal aus. Mit Hilfe ortsansässiger Bauern wandelten die Mönche die Wildnis in fruchtbares Ackerland um. Ihre Fertigkeit, Land urbar zu machen und dadurch Siedler anzuziehen, bewog viele Grundherren dazu, die Klöster mit Wald zu beschenken. Durch die ertragreiche Bewirtschaftung von Wald und Feldern wurden die Mönche, im Widerspruch zu ihrem Gelübde der Armut, allmählich wohlhabend. Sie benahmen sich oft wie die weltlichen Herren; so belegten sie Köhler, die kein Kohlenbrennerrecht besaßen, mit schweren Bußen.

Der Bedarf an Holzkohle stieg während des Mittelalters ständig an. Neben Bierbrau-

ereien und Eisenschmieden wurde sie auch von den Glashütten benötigt: Bei der Glasherstellung wurde Holzasche als Schmelzmittel (sogenannter Fluß) gebraucht. Auch zum Seifensieden war Holzasche notwendig.

Durch den wachsenden Holzbedarf verbreitete sich die Methode, bestimmte Bäume knapp über dem Boden abzuschneiden. Schon die Römer hatten entdeckt, daß manche Baumarten aus dem Stumpf neue Gerten treiben, «aus dem Stock ausschlagen», und daß diese Triebe sehr rasch wachsen. So bezog man immer mehr Holz, das man als Heizstoff oder Rohmaterial für gewerbliche Zwecke brauchte, aus solchen «Ausschlag»- oder Niederwäldern. Das «Abgipfeln» ist eine weitere Art des Schnitts, bei dem Bäume auf Mannshöhe statt direkt über dem Erdboden gekappt werden. Man wendete ihn an, um zu vermeiden, daß weidendes Vieh die Neutriebe abfraß, oder um Bäume mit ein-



Oben Als man den Zucker noch nicht kannte, spielte der Waldhonig eine wichtige Rolle. So durften in Rußland ausgedehnte Wälder nur von den Imkern genutzt werden.

Unten Ein aus dem 17. Jahrhundert stammendes Bild von Robin Hood (Held vieler englischer Volksballaden), der mit einer Schar getreuer Gesellen in den Wäldern reiche Herren ausraubte, um ihren Überfluß an die Armen zu verteilen. Diese legendäre Gestalt verkörperte den Groll des unterdrückten Volkes gegen den Adel.

Links Im Mittelalter «stammte» der beste Speck von Eichen, denn die Schweine wurden mit Eicheln gemästet.





prägsamer Form zur dauerhaften Markierung von Grenzen zu erziehen.

Es war höchste Zeit, solche Maßnahmen zu ergreifen; heute unterschätzt man oft, wie viele Wälder durch die mittelalterlichen Gewerbe zerstört wurden. Allmählich wurde jeder noch unbelehnte Wald mit Beschlag belegt. Die ortsansässigen Adeligen, Bischöfe, Herzöge und Hofbeamten ersannen ausgeklügelte Gesetze, um ihr persönliches oder einem Gefolgsmann übertragenes Recht auf die Nutznießung des Waldes zu besiegeln. Die Aufseher wachten darüber, daß Unbefugte weder Häuser bauten, noch Bäume fällten oder Kohle brannten; die Zuteilung von Weidpachten und die Pachtpreise waren streng geregelt. Außerdem schuf der Wald als Wildbahn in den großen Jagdrevieren der Barone und Könige (siehe Seiten 142/143) für viele Menschen Arbeitsplätze.



Oben Zwischen Holzfäller und Zimmermann bestand im Mittelalter eine enge Beziehung. Um ein Haus wie dieses zu bauen, wurden kleine Eichen geschlagen und in noch grünem Zustand bearbeitet.



Links Schlägt man Laubbäume dicht über dem Boden ab, so erneuert sich das Holz von selbst. Die Triebbüschel, die aus diesen Lindenstümpfen sprießen, wachsen in sieben bis zwanzig Jahren zu dünnen Gerten heran. Sie können dann wieder geschnitten werden, und die Stümpfe schlagen von neuem aus — ein Vorgang, der fast endlos wiederholt werden kann.

Rechts Ehe es billige Nägel oder Draht gab, war das Hürdenmachen ein wichtiges Handwerk. Gerten aus dem Niederwald wurden von vorn bis hinten gespalten und zu dauerhaften Zäunen verflochten.

früher Pflug

mittelalterlicher Pflug

Drehpflug

## DER PFLUG

Obwohl durch Aufsatz eines eisernen Schuhs ergänzt, kratzten die vor-mittelalterlichen Pflüge die Erdoberfläche lediglich auf und eigneten sich für die vorwiegend schweren Böden Mittel- und Nordeuropas nicht. Doch im Laufe der Zeit wurden diese Geräte verbessert. Im 11. Jahrhundert kam ein neuartiger, schwerer Pflug auf: In seiner vollentwickelten Form, von der ein frühes Modell (links) abgebildet ist, war er mit einem Sech für das senkrechte und einer Schar für das waagerechte Abtrennen der Erdbalken ausgerüstet; ferner hatte er ein Streichbrett zum Anheben und Wenden des gelösten Erdstreifens sowie zwei Räder. Als man schließlich das Ochsen-gespann vielenorts durch Pferde ersetzte, wurde die Leistungsfähigkeit des Pfluges weiter erhöht. Der mittelalterliche Pflug trieb die Rodung von Wäldern voran und ermöglichte die Bearbeitung der schweren, aber fruchtbaren An-schwemmungsböden, die die frühen Siedler gemieden hatten. Wegen Eisenknappheit wurden bis ins 18. Jahrhundert nur Sech und Schar aus Metall gefertigt. Eine praktische Neuerung, die sich bis ins 20. Jahrhundert hielt, war der Drehpflug, den man so einstellen kann, daß er die Erde wechselseitig wendet, ohne daß der ganze Pflug gekehrt zu werden braucht.





# Wälder und Seefahrt



Unten Die amerikanische *Quercus virginiana* eignet sich hervorragend für den Schiffsbau, was die Engländer übersahen, weil sie vom Handel mit der minderwertigen *Quercus alba* beliefert wurden und sich täuschen ließen.

Rechts Zu einer Zeit, als die Staaten den Holznachschub mit viel Druck sicherstellten, wurde der Ostseehandel von England, Frankreich, Holland und Spanien streng überwacht. Dänemark kontrollierte den Sund als den

einigen sicheren Seeweg für Holztransporte. Holz für Masten und Planken war besonders wichtig; der gefährdete Ostseehandel rief das Interesse an den Wäldern der Neuen Welt wach.



Holz für den Schiffsbau war einer der ersten Rohstoffe, die der Mensch aus dem Wald bezog. Doch obwohl die Seefahrernationen von altersher mit den Fertigkeiten vertraut waren, die zum Bau großer Schiffe nötig sind, wurden erst mit dem Aufkommen der Seekriege im 17. und 18. Jahrhundert Schiffe in großer Anzahl auf Kiel gelegt, und die Wälder Europas erlitten weitere Einbußen. Dieser neue Aderlaß erfolgte zu einer Zeit, als die Wälder bereits aus anderen Gründen Anzeichen der Erschöpfung zeigten. Durch den Bevölkerungszuwachs in Westeuropa war im Lauf des Mittelalters eine Waldfläche nach der anderen kolonisiert worden. Wo man in Waldgebieten Eisenerz fand, wurden nach und nach ganze Wälder geschlagen, um Holzkohle herzustellen, die man vor dem Zeitalter der Kohle in großen Mengen zur Metallverhüttung gebrauchte.

Jahrhundertlang hatte man den Wald vor allem als Wildbahn geschätzt und damit als Revier für die Hetzjagd, den Zeitvertreib der Könige, betrachtet. Im 16. Jahrhundert richtete sich jedoch die Aufmerksamkeit auf die Bäume selbst; man erkannte in ihnen nunmehr ein kostbares, nationales Gut. Spezialhölzer begannen in Westeuropa bereits knapp zu werden.

Beim Schiffsbau wurden Spezialhölzer für Kiel, Spanten und Mast benötigt. Für die gebogenen Rumpfspanten wurden Eichen bevorzugt, die von Natur aus einen gekrümmten Wuchs hatten und nicht mit der Säge geformt werden mußten; solche Bäume wuchsen oft vereinzelt und nicht in Wäldern. Zur Herstellung der Kielbalken verwendete man mit Vorliebe riesige Ulmen, während der Achtersteven, der das Ruder trug und bis

zwölf Meter lang und 75 Zentimeter dick war, gewöhnlich aus Eiche bestand. Um den Holznachschub für diese Zwecke sowie für die hochragenden Masten zu sichern, wandten die westlichen Seefahrernationen ihr Augenmerk auf die Eichen- und Tannenwälder Mitteleuropas.

In diesem Raum standen die Bäume dicht beieinander und hatten deshalb hohe, aufrechte Stämme mit wenigen Ästen. Die Wälder lagen in der Nähe von Strömen wie Weichsel und Oder, auf denen das Holz zu den Ostseehäfen gefloßt werden konnte. Zwischen den baltischen Ländern und den Seefahrerstaaten Nordwesteuropas entwickelte sich ein ausgedehnter Handel. Der Kampf um das Holz war heftig und in Kriegszeiten unerbittlich. Ab 1686 sandten die Engländer ihre Flotte zum Schutz des Holzhandels wiederholt in die Ostsee.

Zur gleichen Zeit trat Amerika als Holzlieferant auf den Plan; das erste Schiffsbauholz wurde 1609 in Virginia verschifft.

Obwohl auf Importe von Spezialhölzern angewiesen, bevorzugten die Engländer als Hauptmaterial für den Schiffsbau weiterhin beharrlich die einheimische Stieleiche, *Quercus robur*; sie war ihrer Meinung nach kräftiger als andere Arten, da sie langsamwüchsiger und von den Stürmen des Atlantiks gestählt war. Diese Vorliebe war verständlich, da das baltische Eichenholz meist verkauft wurde, ehe es richtig ausgetrocknet war. Ein ebenso verständliches Vorurteil kam gegen das amerikanische Eichenholz auf. Die beste der diversen Eichenarten Amerikas, *Quercus virginiana* oder *virens*, brachte Holz hervor, das noch widerstandsfähiger war als das Holz der Stieleiche, aber die allzu ge-

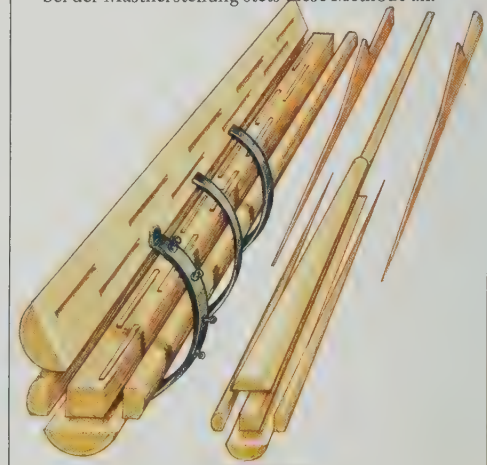
Oben Es konnte vorkommen, daß ein Schiff Hölzer aus verschiedenen Kontinenten geladen hatte.

Teakholz kam aus Indien und Burma, Eichen- und Kiefernholz aus Nordamerika. Auch Mahagoniholz aus Mittel- und Südame-

rika und der Karibik, australisches Dscharrach- und neuseeländisches Kaurifichtenholz wurden eingeführt. Sierra Leone und die Kapkolonie lieferten neben anderen Hölzern Iroko oder «Afrikanische Eiche», *Oldfieldia africana*.

## ZUSAMMENGESETZTE MASTEN

Masten aus einem Stück ließen sich nur aus Bäumen herstellen, die zuoberst einen Durchmesser von 70 bis 75 Zentimetern hatten. Die Schiffsbauer mußten die in Vergessenheit geratene Kunst der Fertigung zusammengesetzter Masten neu erlernen, als 1778 die Holzlieferungen aus Neuengland, die seit 1653 regelmäßig eingetroffen waren, infolge der amerikanischen Revolution abbrachen. Durch Zusammenfügen mehrerer Stammstücke baltischer Tannen war es ihnen möglich, die fehlenden amerikanischen Riesentannen zu ersetzen. Die Franzosen, denen es nie gelungen war, feste Verbindungen zum Holzhandel in Übersee zu knüpfen, wendeten bei der Mastherstellung stets diese Methode an.







Kaurifichte



Oben Englands «hölzerne Wälle» bestanden aus Schiffen wie diesem klassischen Linienschiff, der mit 74 Geschützen besetzt

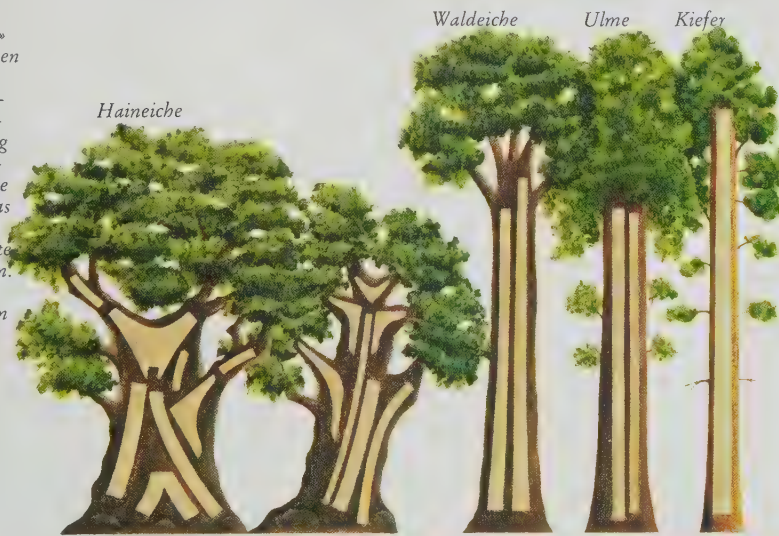
ten Bellona. Rund 2 600 Tonnen Holz wurden allein für den Rumpf eines solchen Schiffes benötigt. Für die Bellona

waren insgesamt rund 2,4 Hektar Eichbäume oder 700 große Eichen erforderlich. Für die Schiffsspanen eignete

sich von Natur aus gebogenes Holz besser als künstlich geformtes, da es viel widerstandsfähiger ist. Mit Zeichnungen von

Schiffsteilen rief man die Grundbesitzer dazu auf, ihre Eichenwälder zu erhalten und neue anzupflanzen.

Rechts Die «Haineichen» waren im Schiffsbau wegen der Stärke ihrer langen, gekrümmten Stämme besonders begehrt; man benutzte sie zur Herstellung von Spanten. Die nächst-wichtigste Rolle spielten die Waldeichen Mitteleuropas und Nordamerikas, die den Rohstoff für Achtersteven und Planken lieferten. Als dritte Baumart war die Ulme geschätzt, deren Holz sich gut für die Planken unterhalb der Wasserlinie eignet. Schließlich waren die hohen amerikanischen Kiefern als Material für die Schiffsmasten wertvoll.



Rechts William Turners romantische Darstellung des Linienschiffs *Téméraire*. Das Eichenholz für dieses mit 98 Geschützen bewehrte Hauptkampfschiff stammte aus einem Wald in der Grafschaft Essex. Es wurde 1798 gebaut und trug in der Schlacht von Trafalgar (1805) zum Sieg von Nelsons Flotte bei. Als Turner es malte, lag es eben «an seinem letzten Ankerplatz, um 1838 abgewrackt zu werden». Das Gemälde war eine Huldigung an die nieder-gehende Epoche der Segelschiffe; die neuen Antriebsarten hatten auf andere Weise den Raubbau am Wald zur Folge.



schäftstüchtigen Händler Neuenglands verloren die Gunst ihrer europäischen Kundschaft, da sie Europa mit dem minderwertigen Holz von *Quercus alba* belieferten und die besseren Hölzer für ihre eigenen Schiffe behielten.

Auf ihrer ständigen Suche nach neuen Holzquellen entdeckten die englischen Behörden Mitte des 18. Jahrhunderts die Qualitäten der Europäischen Lärche (*Larix decidua*), eine raschwüchsige, für den Schiffsbau geeignete Art, und pflanzten sie millionenfach an.

Als sich die Armeen Napoleons über Europa ergossen und England von seinen traditionellen Zufuhrwegen abschnitten, hielt man auf der ganzen Welt nach neuen Bezugsquellen Ausschau. In den Südstaaten der USA wurde eine hervorragende Kiefernart, die Longleaf-Pine (*Pinus palustris*), gefunden und genutzt. Auch in West- und Südafrika, Australien und Neuseeland entdeckte man brauchbare Hölzer, aber als bestes erwies sich das Holz des indischen Teakbaums, das noch im heutigen Schiffsbau äußerst begehrt ist. Das Teakholz wurde so beliebt, daß die Londoner Werften eine Verlagerung der gesamten Schiffsbauindustrie nach Bombay befürchteten und lauten Protest erhoben. Mahagoniholz aus Mittelamerika eignete sich ebenfalls für den Schiffsbau; es war aber wegen seiner Seltenheit allzu kostspielig.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts ließ die Wichtigkeit des Holznachschubs für den Schiffsbau nach, da die Segelschiffe von eisernen Schiffen mit Dampfantrieb abgelöst wurden.



# Das 18. Jahrhundert



Oben «Indianercamp in Kansas» heißt das Thema dieses Bildes, das der aus Solingen stammende Deutsch-amerikaner Albert Bierstadt malte. Es gibt die friedliche Stimmung wieder, die die Siedler umging, wenn sie



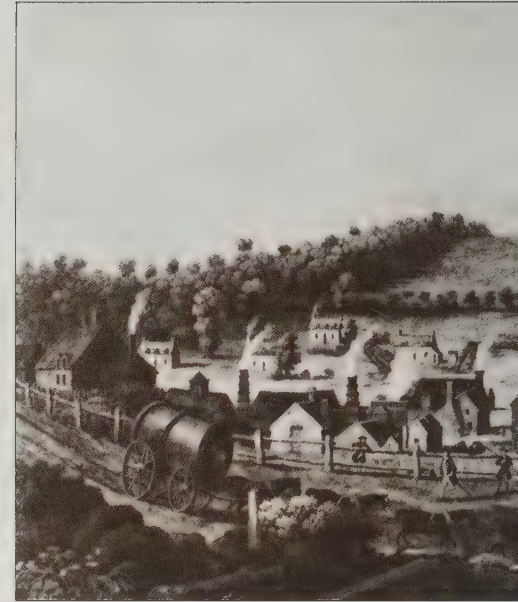
das Leben der Indianer in den Wäldern des Ostens beobachteten. Die Indianer waren reichlich mit Wildbret, Wildfrüchten und -gemüse aus dem Wald und mit Fisch aus den Flüssen versorgt. Das zweite Bild

gibt dem Versuch Ausdruck, diese friedliche Atmosphäre nachzuahmen. Es spiegelt die ästhetische Haltung gegenüber dem Wald wider, die englische Landbesitzer Ende des 18. Jahrhunderts einnahmen.

## EISEN-HERSTELLUNG

Im Hochofen wird das Metall durch Schmelzen vom Erz getrennt. Bei der Verwendung von Holzkohle zur Hochofenfeuerung entsteht ein gutes, leicht schmiedbares Eisen,

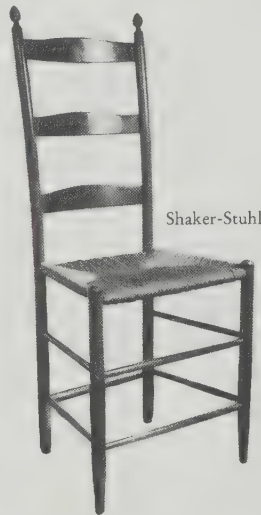
da sie die Verunreinigungen des Erzes absorbiert. Aus Kohle gewonnener Koks war in waldarmen Ländern ein willkommener Holzkohleneratz, brachte aber unreineres und daher weniger gut formbares Eisen hervor.



## DIE SHAKERS

Die Shakers, als Sekte der Quäker religiöse Flüchtlinge und zudem abgestoßen von der Industrialisierung in England, kamen 1774 in der Neuen Welt an; sie erhielten ihren Namen nach dem

Gottesdienst, bei dem getanzt und in die Hände geklatscht wurde (Shaker = «Schüttler»). Die Shakers waren hervorragende Zimmerleute.



Shaker-Stuhl



Im 18. Jahrhundert lieferten die Wälder den Rohstoff für fast jedes Gewerbe. Holz wurde vermehrt zum Bau von Bergwerken und Werften verwendet und spielte weiterhin eine wichtige Rolle als Wohnbau- und Brennmaterial. Daneben bildete es noch immer die Grundlage der Metallherstellung, weil zur Erzverhüttung Holzkohle verwendet wurde (siehe Seiten 192/193).

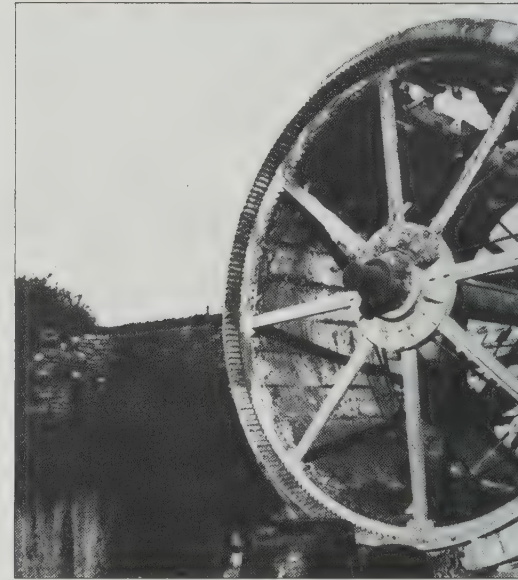
Bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts war die Eisengewinnung ein Kleingewerbe. Das Eisenerz wurde gewöhnlich in Hochöfen geschmolzen, die man im Wald oder am Waldrand aufbaute, oft in der Nähe von Wasser, das die Öfen antrieb. Zur Holzkohlenherstellung wurde häufig der Nachwuchs der Ausschlagwälder verwendet (siehe Seiten 32/33), wenn auch in manchen Teilen Euro-

pas das Angebot an einheimischem Holz die Nachfrage nicht mehr deckte.

Die Notwendigkeit eines Holzersatzes drängte sich mehr und mehr auf. In England, wo die Lage besonders prekär geworden war, fand man dieses Ersatzmaterial: Ein Quäker aus Bristol namens Abraham Darby setzte 1709 zum erstenmal Koks erfolgreich zum Schmelzen von Eisenerz ein. Es war bereits seit einiger Zeit versucht worden, Holzkohle durch Koks zu ersetzen, aber dabei ergaben sich Probleme: Koks hinterläßt weit mehr Verunreinigungen im Erz als Holz. Darby gelang jedoch die industrielle Verhüttung mit Koks, da er relativ reines Erz und zur Verkokung geeignete Kohle aus der Umgebung gebrauchte. Nicht von ungefähr sollte sich die Eisenindustrie vor allem dort entwickeln,

wo es reiche Vorkommen an Kohle gab, die zum Verkoken besonders günstig war, wie in Deutschland und England.

Dank Darbys Verfahren kam die industrielle Revolution in Europa in Schwung, denn Eisen war der ideale Rohstoff für die meisten Maschinen, die für die neuen Herstellungsprozesse verwendet wurden. Das Nachlassen der Köhlerei brachte dem Wald zwar eine Atempause, aber schon bald stellten andere Erwerbszweige ihre Ansprüche. So mußten die Bergwerke zum vermehrten Abbau von Kohle tiefer in die Erde verlegt werden; der Wald lieferte das nötige Grubenholz, für das sich die Stockausschläge gut eigneten. Auch im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung schritt die Technik voran. Das zunehmende Wachstum der Be-

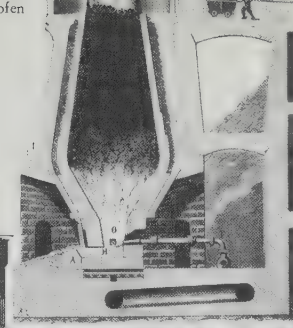




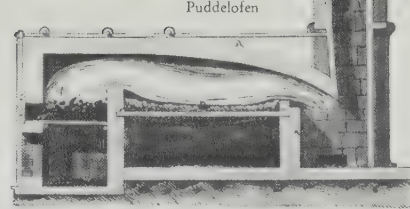
Holzkohle war deshalb in der Schmiede immer noch unerlässlich, wo Unreinheiten über einem Holzkohlenfeuer ausgeschmiedet wurden. Erst die Erfindung des Puddel- und Walzverfahrens von Henry Cort (1740 bis

1800) ermöglichte den verbreiteten Gebrauch von Koks zur Eisenherstellung. Im Puddelofen wurde das Roheisen abwechselnd erhitzt und abgekühlt, bis das Schmiedeeisen aufgrund seines höheren Schmelz-

Stückofen



punkts von der Schlacke getrennt werden konnte. Das Eisen wurde erst durch Hämmern bearbeitet und dann im Walzwerk zu Standardformen gewalzt.



Oben Coalbrookdale war ein traditionelles englisches Eisenwerk; in der Nähe gab es genug bewaldete Hügel und das zur Holzkohlenherstellung nötige Wasser, daneben auch verkockbare Kohle. Die Revolution in der Eisenherstellung kam jedoch erst mit der Erfindung des Puddel- und Walzverfahrens richtig in Schwung.

Links Schon seit alters wurde Wasser zum Mahlen von Korn genutzt. Die ersten Maschinen waren ebenfalls durch Wasserkraft angetrieben. Im Maschinenzeitalter bestanden die Mühlräder, die die Kraft des fallenden Wassers in eine Drehbewegung umwandelten, jedoch aus Eisen.



Rechts Der Elizabeth Furnace in Virginia, ein Hochofen, der bei höchster Belastung 22 Tonnen Holzkohle an einem Tag verbrauchte, wurde erst nach 1880 stillgelegt. Amerika mit seinem Waldreichtum brauchte nicht wie England frühzeitig von Darbys kohlensparender Schmelztechnik Gebrauch zu machen. Auch in Deutschland und Frankreich wurden bis weit ins 18. Jahrhundert beträchtliche Mengen an Holzkohle zur Hochofenfeuerung verbraucht. Arthur Young (1741 bis 1820) stellte bei einer Frankreichreise erstaunt fest, daß die Karrenräder noch ganz aus Holz bestanden, als sie in England bereits eisenbeschlagen waren.



völkerung in Europa und Rußland erforderte eine leistungsfähigere Nahrungsmittelproduktion. Das überholte Feudalsystem wurde von neuen Organisationsformen der Bewirtschaftung abgelöst. Um größere und produktivere Landwirtschaftsbetriebe zu schaffen, hegte man in England das auch Wälder umfassende Gemeinland ein.

Die industrielle Revolution bewirkte eine rasche Verhaltensänderung der Leute, die ein bewaldetes Grundstück nach dem anderen erwarben: Als die Holzkrise im Schiffsbau akut war, betrachteten sie die Wiederaufforstung von Nutzwäldern als willkommene langfristige Anlage, während sie ihr Geld – oder Land – mit zunehmender Industrialisierung eher in Unternehmen, etwa in Bergwerke, investierten, die raschere Gewinne

versprachen. In England begann man daher Wälder vermehrt wegen ihrer landschaftlichen Schönheit und sportlichen Möglichkeiten zu schätzen. In Deutschland und im übrigen Mitteleuropa hingegen, wo der Wald weiterhin als Holzlieferant ebenso wichtig war wie als Jagdrevier, wurde der Wald erstmals auf vielfältige Art in großem Stil genutzt. Die Neuverteilung des Landbesitzes, zu der es nach der Französischen Revolution kam, schuf auch die Grundlage für eine Renaissance des Waldes.

Den ersten Siedlern Nordamerikas indes waren Erwägungen ästhetischer oder forstlicher Natur fremd. Für sie war das Dickicht der Wälder vor allem ein Hindernis. Sie festigten ihre Stellungen an der Ostküste und drangen dann, unter dem Druck der starken

Bevölkerungszunahme nach dem Unabhängigkeitskrieg, nach Westen bis zu den Ebenen und Bergen jenseits der Alleghany- und Appalachenkette vor (siehe Seiten 144/145).

Viele Siedler waren vor den ungewohnten Lebensbedingungen geflohen, die in den rasch aufstrebenden Industriezentren Europas herrschten. Die Shaker zum Beispiel, die 1774 im Staate New York einwanderten und bis nach 1840 zwischen Maine und Kentucky 18 Gemeinden gegründet hatten, waren ehemalige Industriehändler aus Manchester. Möglicherweise als Reaktion gegen das anbrechende Maschinenzeitalter hielten sie das Handwerk in hohen Ehren. Sie entwickelten sich rasch zu höchst geschickten Zimmerleuten; aus dem Holz der Ostküstenwälder stellten sie ihre eigenen Häuser und Möbel her.

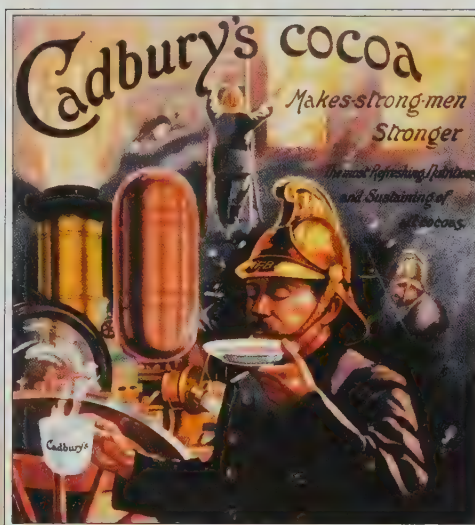


# Das 19. Jahrhundert

Unten links Die Great Eastern (1858) mit ihrem eisernen Schiffskörper dampft davon. Sie wurde zum Verlegen des ersten Telegrafenkabels zwischen Europa und Nordamerika eingesetzt.

Unten Im 19. Jahrhundert wurde der Lebensstandard durch billige Konsumgüter und Nahrungsmittel aus den Tropen angehoben; die aufstrebende Werbe- und Verpackungsindustrie förderte den Warenabsatz.

Unten Das Eisenbahnzeitalter fiel mit einer Ära der Schulausbildung breiter Massen zusammen; die Verleger deckten die Nachfrage nach leichtem Lesestoff mit speziellen Zeitschriften für Zugreisen.



Im 19. Jahrhundert suchten die «Werkstätten der Welt», allen voran England, dann die USA und weitere aufstrebende Länder Europas, nach den nötigen Rohstoffen, um mit dem wachsenden Tempo der Industrialisierung Schritt zu halten. Es kam zu einer nie dagewesenen Ausbeutung der natürlichen Schätze der Erde – Mineralstoffe, Holz, Baumwolle und Kautschuk waren besonders begehrt – und gleichzeitig zur Eroberung neuer Absatzmärkte für die Waren, die aus den Rohstoffen produziert wurden. Symbol dieses Zeitalters der Expansion sind die Eisenbahnen, die nach 1830 in England entstanden und kurz darauf ihren Siegeszug rund um die Erde antraten.

Es ist bekannt, daß die Eisenbahnen große Mengen an Eisen und Stahl verschlangen, aber man macht sich nicht klar, daß sie auch für die Wälder eine riesige Belastung waren. Für die Eisenbahnen wurde, vom Bau von Bahnsteigen bis zur Beheizung von Zügen, Holz für die verschiedensten Zwecke gebraucht, am meisten aber für die Herstellung von Schwellen.

Die Verknappung der Waldbestände in Europa hatte dazu geführt, daß man als Brennstoff vor allem Kohle und als Schwellenmaterial nach Möglichkeit Metall und Beton benutzte. Doch in den Vereinigten Staaten, die zu dieser Zeit relativ unentwickelt waren und Wälder von gewaltiger Ausdehnung besaßen, wurden – zur Vermeidung hoher Transport- und Lohnkosten – Bahnschwellen fast ausschließlich aus Holz hergestellt; dies ist auch heute noch der Fall. In Indien begann man um 1855 mit dem Eisenbahnbau, und bald wären die meisten zugänglichen Teakwälder gefällt, um Schwellen für das Liniennetz bereitzustellen, das den Subkontinent nach und nach überzog.

Zu den Eisenbahnen gesellten sich die neuen Kommunikationsmittel. Die Bahnstrecken waren häufig von Telegrafennetzen

gesäumt. In den USA führten Telegraf und Postbeförderung mit der Bahn zur Entwicklung der Massenpresse; parallel dazu wurde die Schulausbildung breiter Volksschichten gefördert.

Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts nahm das Verlagswesen einen raschen Aufschwung. Das wirkte sich, ebenso wie der Ausbau der Verkehrswege, direkt auf die Wälder aus. Das 1850 erfundene Verfahren der Papierherstellung aus Holz statt aus Lumpen hatte zur Folge, daß der Wald zum Hauptrohstofflieferant der Papierindustrie wurde. Da billiges Papier hergestellt werden konnte, waren auch hohe Zeitungsauflagen möglich. Die Nachfrage nach Papier, und damit nach Holz, stieg sprunghaft an. Die Eisenbahn ist nicht nur als Symbol dieser neuen großen Bedeutung des Waldes und seiner Nebenerzeugnisse zu sehen, sie erschloß überdies bislang unberührte Waldregionen und deren Produkte, darunter den Kautschuk.

Als sich um 1870 der Aufschwung des Kautschuks abzeichnete, kamen die Gummibarone auf die Idee, der Transport des «Schwarzen Goldes» durch den Amazonasdschungel zur brasilianischen Hafenmetropole Manaus sei am ungefährlichsten und billigsten, wenn er mit der Bahn erfolge. So begann man 1873 mit dem Bau der Madeira-Mamoré-Eisenbahn. Doch die amerikanischen Bahnarbeiter, die die Arbeiten in Angriff nahmen, stellten zu ihrem Entsetzen fest, daß drei erfahrene Holzfäller, die im Wilden Westen einen Tag gebraucht hatten, um einen drei Fuß breiten Pfad von knapp 1,5 Kilometern Länge zu schlagen, dem Regenwald in derselben Zeit nicht einmal dreihundert Meter abringen konnten – falls sie das Glück hatten, von Seuchen und Raubtieren verschont zu bleiben.

Mit dem Aufstieg der Eisenbahn wuchs in den USA das Bewußtsein, daß der Wald

dringend der Pflege bedurfte. Dieser Besorgnis um den Wald zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab Präsident Theodore Roosevelt Ausdruck mit den Worten: «Die Eisenbahn braucht Schwellen... Die Gruben brauchen Stützholz... Wenn wir es zulassen, daß unsere Wälder weiterhin im heutigen Ausmaß zerstört werden, ohne Gegenmaßnahmen zu ergreifen, ist eine zukünftige Holzverknappung unvermeidlich.»

Solche Befürchtungen waren zwar angebracht, aber glücklicherweise übertrieben pessimistisch. Zum einen unterschätzte man das Regenerationsvermögen des Waldes, zum anderen wurden vermehrt schroffe, unwegsame Gebiete, die mit den modernen Ackerbaumaschinen nicht bewirtschaftet werden konnten, mit Gewinn der Forstwirtschaft übergeben. So verfügen die Vereinigten Staaten heute noch über 75 Prozent der Waldbestände aus der Zeit, da Kolumbus den Kontinent entdeckte.

HOLZBRÜCKE



1896 gab es in den USA Holzbrücken von insgesamt 3 200 Kilometern Länge, aber mit zunehmenden technischen Kenntnissen wurden vermehrt auch Eisen, Stahl und Beton verwendet.



Der Eisenbahnbau widerspiegelte die parallelen Prozesse der wirtschaftlichen Revolution in den Industrieländern und der Erschließung unterentwickelter Weltregionen, wie der Regenwälder Südamerikas, für den Handel.

#### ENTWICKLUNG DER EISENBAHN

1840 bis 1880 (in km)

	Europa	USA	restliche Welt
1840 bis 1850	20 800	11 200	—
1850 bis 1860	27 200	38 400	1 600
1860 bis 1870	49 600	38 400	11 200
1870 bis 1880	62 400	81 600	19 200

Unten Die Geldströme aus dem Gummigeschäft flossen in die brasilianische Hafenstadt Manaus, die in eine Ville lumière verwandelt und 1896 mit dem prächtigsten Opernhaus der Welt ausgestattet wurde.



Rechts Arbeiter der Northern-Pacific-Linie im Washington Territory (1886). Die roh behauenen Schwellen und das die Schlucht überspannende Holztragwerk stammen vermutlich aus Wäldern

der Gegend. Das Holz für die Schwellen wurde meist im Winter geschlagen; man glaubte, daß es bis zum Verlegen im Frühjahr trocken genug sei, um der Verwitterung zu widerstehen.



# Die Frühzeiten des Forstbaus

## BILTMORE

Bis ins späte 19. Jahrhundert wurde die Forstwissenschaft in den USA nicht praktisch angewendet, obwohl sie in Teilen Europas, namentlich in Deutschland, bereits seit zweihundert Jahren bestand. In Europa wurden Forstleute oft vom Adel gefördert und eingestellt; dieser erkannte die Vorteile bewirtschafteter Güter, die zugleich Holz erzeugten, Jagdwild beherbergten und eine prachtvolle Umgebung für ihre Häuser abgaben. Der amerikanische Geldaristokrat George W. Vanderbilt wünschte sich ein bewirtschaftetes Gut und engagierte 1889 Gifford Pinchot als Forstexperten auf seinem 110 Hektar umfassenden Sitz in Biltmore, North Carolina. — Biltmore war bereits teilweise bewaldet, als Pinchot seine Stellung antrat. Er ließ sofort Bäume anpflanzen, um einen eleganten Rahmen für die Straßen des Gutes zu schaffen und nackte oder abgetragene Hänge zu verbergen; daneben verbesserte er die eigentlichen Waldungen und wandelte sie in einen Wirtschaftswald um. Als Pinchot aus Vanderbilts Diensten schied, führte ein deutscher Forstwissenschaftler namens Dr. Schenck, unterstützt von Assistenten, seine Arbeit fort. 1898 entstand hier die Biltmore Forest School — die erste Forstschule der Vereinigten Staaten.

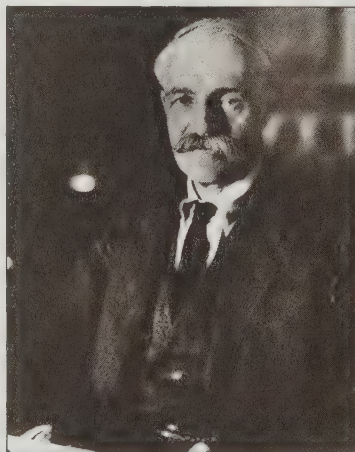
Dank der erfolgreichen Bewirtschaftung nach dem Prinzip der vielfältigen Nutzung ist Biltmore heute noch ein rentabler Wirtschaftswald, aber die Leute, die den Wald in Filmen als landschaftlichen Hintergrund sehen, bewundern ihn als reinen «Naturwald».



Allmählich dämmerte den Europäern die Einsicht, daß die natürlichen Vorräte des Waldes nicht ewig reichen würden, und als sich im Mittelalter der private Anspruch auf Land verstärkte, grenzte man Waldungen ab, um regelmäßige Einnahmen aus dem Holzverkauf, Naturalien und Brennstoff für die Bauern des Grundherrn und Wildbahnen für die Jagd zu sichern. Solche Forste, in denen jährlich nicht mehr Holz eingeschlagen wurde, als im gleichen Jahr nachwuchs, waren der Ursprung des systematischen Waldbaus.

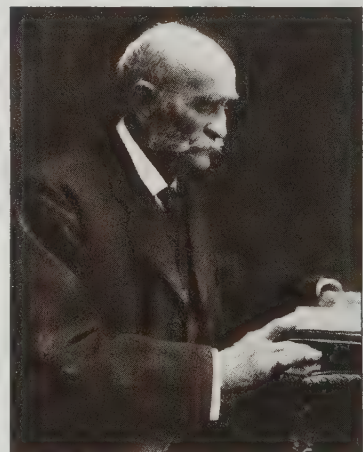
Theoretisch ließ dieses Prinzip die laufende Versorgung mit Holz zu. Doch mit steigender Bevölkerungszahl, Fortschritten in der Technik und zunehmender Konzentration von Menschen in stetig wachsenden Zentren — den großen Industriestädten des 19. Jahrhunderts — stieg der Holzbedarf ins Uferlose. Millionen von Menschen brauchten Unterkünfte; riesige Fabriken wurden errichtet, um die Bedürfnisse einer entfesselten Technik zu decken; für den Abbau von Kohle, dem Urquell der Energie in den Fabriken, war Holz zur Abstützung unterirdischer Minen nötig, und zur Verbreitung des Wissens in Form von Büchern und Zeitungen mußte man millionenfach Bäume in Papierbrei verwandeln.

Ein solcher Anstrich auf die Vorräte des Waldes konnte nicht endlos weitergehen. Entweder mußte man sich in anderen Weltteilen Holz beschaffen oder die kahlgeschlagenen Wälder wieder aufforsten. Beide



Links Gifford Pinchot (1865 bis 1946) war der erste professionelle Förster Amerikas. Er war in Europa ausgebildet worden und wurde nach seiner Tätigkeit in Biltmore zum Leiter der neugeschaffenen Forstverwaltung der USA ernannt.

Rechts Sir William Schlich (1840 bis 1925) wurde in seiner deutschen Heimat als Forstwissenschaftler ausgebildet; er war ein Vorkämpfer der indischen Forstverwaltung und später Leiter der ersten Forstschule in England.



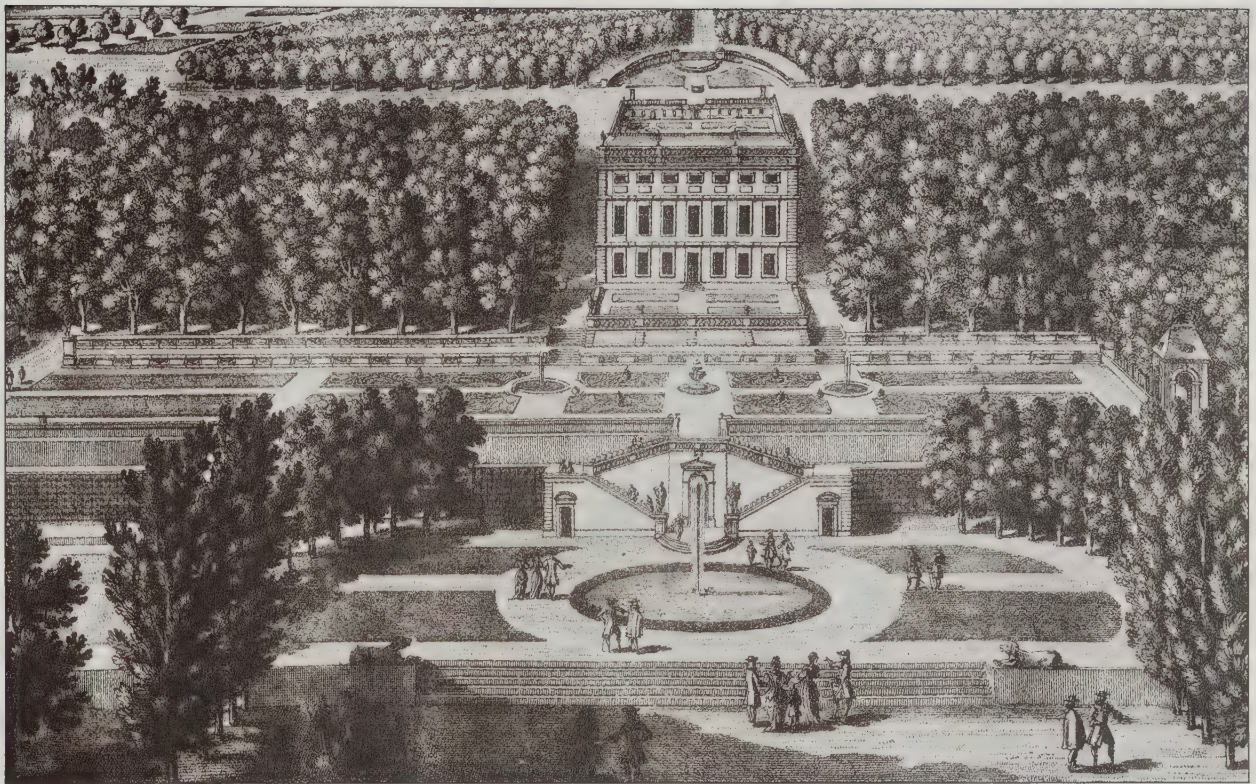
Lösungsversuche wurden gleichzeitig unternommen. An die Stelle der totalen Ausbeutung der eigenen Waldungen trat die Ausbeutung von Wäldern weitentfernter, dünnbesiedelter Länder, und die Kenntnisse vom Waldbau — der Pflege und Nutzung des Waldes nach erwerbswirtschaftlichem Prinzip unter Beachtung der «Nachhaltigkeit» — wurden komplexer.

Europa, die Wiege der industriellen Revolution, wendete sich auf der Suche nach Holz dem hohen Norden und Nordamerika zu, denn hier wie dort gab es riesige Nadelwälder mit scheinbar unversiegligen Holzquellen. Doch im unwirtlichen Klima Nordeuropas wuchsen die Bäume so langsam, daß der natürliche Nachwuchs den Bedarf nicht

decken konnte. In Amerika wiederum nahm die Bevölkerung so schnell zu, daß auch die viel raschwüchsigeren und weit größeren Bäume dieses Kontinents der doppelten Anforderung nicht genügten.

In dieser heiklen Lage wandte sich die Welt an jene europäischen Länder, die in der Forstwissenschaft bahnbrechend gewesen waren, Deutschland und Frankreich, um Sachkenntnisse zu erlangen, die zur Wiederaufforstung und Bewirtschaftung von Wäldern nötig waren. Pinchot, der Vater der Forstverwaltung der Vereinigten Staaten, war in Nancy ausgebildet worden; die deutschen Wissenschaftler Brandis und Schlich richteten im expansionshungrigen britischen Weltreich Forstverwaltungen ein.





Doch die Bemühungen der Forstleute, die ihnen anvertrauten Wälder zu hegen, reichten nicht aus. Die starke Bevölkerungszunahme und die unaufhaltsamen technischen Fortschritte des Menschen machten es unumgänglich, zur Sicherung der Holzzufuhr auf die Vorräte immer entfernterer Gebiete zurückzugreifen. Die Plünderung bislang unberührter Tropenwälder nahm zu dieser Zeit ungeheure Formen an und führte zu denselben verheerenden Folgeerscheinungen wie zuvor der Raubbau in Europa: fortschreitende Erosion, Versteppung, Verlust von Wildtierbiotopen. Wegen des Umfangs der Kahlschläge waren aber die Schäden noch weit schlimmer. Die nackte Ausbeutung mußte beendet und die Rolle des Försters aufgewertet werden.

Obwohl das Hauptziel des Försters nach wie vor die Betreuung des Waldes zum Zwecke der Holznutzung ist, muß der Wald, zu dem auch unbewaldeter Boden und Gewässer gehören, in unserer Zeit zum Wohl der Allgemeinheit bewirtschaftet werden. Da kein Land unbegrenzt über Boden verfügt und ein Konflikt zwischen den vielfältigen Ansprüchen – Schutz der Flusseinzugsgebiete und von der Abtragung bedrohten Hänge, Erhaltung der Wildtiergesellschaften und Erholung – vermieden werden muß, ist ein hohes Maß an Geschicklichkeit in der Waldbewirtschaftung nötig.

Heute werden weltweit Waldreservate, Nationalparks und Naturschutzgebiete abgegrenzt; in vielen Ländern stehen die Wäl-



*Oben Monsieur de Bensa-  
rade, Eigentümer dieses  
Landsitzes, wußte genau-  
so gut über ästhetische  
Vorzüge des bewaldeten  
Landes Bescheid. Für den  
Unterhalt waren Förster  
genauso unerlässlich wie  
Architekten oder Gärtner.*

*Links Heute kann man  
gesunde Bäume für vieler-  
lei Zwecke ziehen; trotz-  
dem hat das Prinzip der  
«Nachhaltigkeit» – des  
Waldbaus zur rein wirt-  
schaftlichen Nutzung –  
einen Umweltbeitrag ge-  
leistet, der heute noch  
hochaktuell ist.*

der insgesamt längst unter Naturschutz. Innerhalb dieser Wälder können sowohl Naturwälder, von Menschenhand geschaffene Forste und mit Hilfe des Menschen naturgemäß verjüngte Wälder nebeneinander bestehen. Es wird zwar Holz erzeugt und geerntet, aber der Holzeinschlag darf den Nachwuchs an Bäumen nicht übersteigen. Großflächige Kahlschläge werden vermieden, um unkontrollierbare Störungen des Wald-ökosystems zu verhindern, und die kahlen Flächen neu bestockt, sei es durch Förderung der natürlichen Verjüngung durch Aussaat von Hand oder aus der Luft oder durch Wiederbepflanzung – in diesem Fall häufig mit Bäumen, die hochwertiger sind als ihre Vorgänger.

An unzugänglichen Stellen läßt man oft reine Naturwälder ohne forstlichen Eingriff bestehen, während Holzrückenwege die Erschließung des bewirtschafteten Waldes für Erholungssuchende erleichtern. In Schutzwäldern, die Erdrutsch, Steinschlag oder Lawenniedergang verhindern sollen, greift der Förster nur beschränkt ein, ebenso in Wasserschutzwäldern. Das angestrebte Ziel sollte sein, im Rahmen des Möglichen Gleichgewicht und vielfältige Nutzbarkeit des Waldes wiederherzustellen. Wenn wir Menschen maßhalten können und die Technik sinnvoll einsetzen, gelingt es vielleicht, genug Holz zu erzeugen und den Wald zugleich für unsere Nachkommen und zu unserem eigenen Schutz zu erhalten.



# Forstwirtschaft und Naturschutz



Links Der niedrigere der beiden Wasserfälle des Yellowstone River, gemalt vom Künstler Thomas Moran, der zugleich einer der ersten erfolgreichen Naturschützer Nordamerikas war. Morans Bilder dieser Region veranlaßten die Regierung der Vereinigten Staaten, 1872 das gesamte Yellowstone-Becken im nördlichen Felsengebirge zum ersten Nationalpark der Welt zu erklären. Seither ist der Yellowstone-National-Park Waldreservat geblieben und hat so seine ursprüngliche, wilde Naturschönheit bewahrt (unten).



Die Sorge um das Verschwinden von Wäldern und ihren heimischen Wildbeständen ist heute größer denn je. Es ist an der Zeit, daß man dieses Problem erkennt, denn die Menschen haben den Naturwald jahrhundertlang ausgenutzt, ohne sich der Folgen seiner unbedachten Beseitigung voll bewußt zu werden.

In Europa gaben die vor 10 000 Jahren in der Jungsteinzeit erzielten technischen Fortschritte den ersten Anstoß zum Kahlhieb von Wäldern, dem mit der Ausbildung von Feldbauwirtschaften und einem riesigen Bevölkerungszuwachs im Laufe der Zeit fast der gesamte Naturwald zum Opfer fiel.

In anderen Teilen der Erde setzte die Entwaldung viel später ein. In Nordamerika blieb der Urwald bis zur Ankunft der ersten Europäer im 16. Jahrhundert so gut wie unangetastet. Doch als sich die Siedler scharenweise auf dem Kontinent niederließen und der Bevölkerungsdruck im Osten die Farmer zwang, mehr und mehr nach Westen auszuweichen, wurden großflächige Waldareale und zahllose Wildtiere und -pflanzen vernichtet.

Zum Glück wurde diese Zerstörung in Nordamerika rechtzeitig aufgehalten, so daß die ursprünglichen Wälder des Kontinents heute mehrheitlich intakt sind. Andere Regionen der Erde indessen, wo sich derselbe traurige Vorgang wiederholte, sind weniger glimpflich davongekommen. Als vor rund einem Jahrtausend die ersten Polynesier in Neuseeland eintrafen, überzogen dichte immergrüne Wälder das Land bis zu den Küsten; in dieser Zeit waren schätzungsweise rund 75 Prozent der Gesamtfläche von 270 000 Quadratkilometern bewaldet. Als Kapitän James Cook 1769 in Neuseeland vor Anker ging, hatte sich der Waldbestand auf 66 Prozent vermindert, und heute sind nur noch 55 000 Quadratkilometer Land mit Naturwäldern bedeckt, von denen der Großteil auf Bergwälder entfällt. Vom

## DER WISENT

Der Wisent, *Bison bonasus*, war früher in den Laubwäldern Eurasiens weit verbreitet. Laufende Entwaldung und jahrhundertlange Jagd führten jedoch beinahe zur Ausrottung dieses massigen Wildrindes. Die einzige Wildherde, die es im frühen 20. Jahrhundert noch gab, lebte im Bialowieza-Wald, der über achthundert Jahre lang Bannforst der polnischen Könige gewesen war. Doch auch diese Herde, die 1914 noch aus 737 Tieren bestand, überlebte den Ersten Weltkrieg nicht. 1918 waren nur noch jene Wildrinder am Leben, die zuvor an zoologische Gärten in Europa verschenkt worden waren, und die Nachkommen von Exemplaren, die der Herzog von Hochberg erhalten hatte, als er 1876 einen Wisent-Zuchtbetrieb in Oberschlesien eröffnete. 1952 wurde aus diesen Überresten eine neue Herde geschaffen, und der Bialowieza-Wald ist heute wiederum ein Reservat für diese Tierart.



ursprünglichen, leicht zugänglichen Tieflandwald Neuseelands ist wenig übriggeblieben.

In jüngerer Zeit hat sich die Besorgnis um den Wald auf die tropischen Regenwälder in Südamerika, Zentralafrika, Südostasien und Indonesien verlagert. Die Verhinderung von Kahlhieben tropischer Waldbestände ist heute global die vordringlichste Aufgabe des Waldschützers, da nur drei ausgedehnte Areale übriggeblieben sind: die Urwälder des Amazonas in Südamerika, des Kongobeckens in Äquatorialafrika und des Malaiischen Archipels in Südostasien. Zwar ist die genaue Einschlagsquote in diesen Wäldern umstritten, aber man ist sich einig darüber, daß sie alarmierend rasch dahinschwinden. Die Gefahren und Probleme, die ihre Beseitigung nach sich ziehen, sind zahlreich und vielfältig. Besonders wichtig ist die Schutzfunktion, die diese Wälder erfüllen: Sie verhindern Bodenabtrag und damit die Verunreinigung von Gewässern, und sie beugen Überschwemmungen vor; daneben sind sie als Ausgleich von Klimaunterschieden, als Erhaltungsgebiete und Touristenattraktion von Bedeutung. Wenn diese Wälder durch planmäßige Einschläge, verbunden mit Verjüngungsprogrammen, auf der Basis der «Nachhaltigkeit» bewirtschaftet würden, könnten sie außerdem regelmäßige Erträge von Waldprodukten abwerfen. Der wichtigste Grund für ihre Erhaltung ist jedoch die genetische Vielfalt, der ungewöhnliche Reichtum an Tier- und Pflanzenarten.

Die Zerstörung von Naturwäldern jeglicher Art und ihrer Wildfauna und -flora ist ein ernstes und weltweites Problem. Zum Glück sind sich Forstleute und Naturschützer in den letzten Jahren der Schwierigkeiten zunehmend bewußter geworden, so daß ihre Bemühungen besser aufeinander abgestimmt und wissenschaftlich fundierter sind, als dies früher der Fall war.

Gegenwärtig gibt es zwei Hauptmethoden des Waldschutzes, an die man sich auch

in Zukunft halten müssen: erstens die Schaffung von Nationalparks und Naturwaldreservaten und zweitens den Einbau von Schutzmaßnahmen in die Bewirtschaftung öffentlicher und nach Möglichkeit auch privater Nutzwälder.

Nationalparks und Reservate, auch «Waldschutzgebiete» und «Naturwaldzellen» genannt, sind Areale, die naturbelassen werden und ausschließlich der Erhaltung der heimischen Fauna und Flora dienen. Normalerweise ist eine wirtschaftliche Nutzung der Ressourcen solcher Waldteile nicht erlaubt. In diesen Reservaten soll sich die natürliche Entwicklung nach ihren eigenen Gesetzen vollziehen. Daneben gibt es «Schonwälder», in denen der Förster begrenzt eingreift, um den ökologischen Kreislauf zum Schutz seltener Wildtiere bewußt zu regulieren.

Nationalparks und Reservate sind heute weltweit sowohl in gemäßigten wie — vor kürzerer Zeit — in Tropenregionen verwirklicht worden. Doch ausschließlich für den «Biotop- und Artenschutz» — den Schutz von Tier- und Pflanzenarten und ihrer Lebensräume — steht nur ein beschränkter Teil der Wälder der Erde zur Verfügung. Die Menschheit stellt vielfältige andere Anforderungen an die Ressourcen des Waldes. Holzerzeugung, Mineralstoffgewinnung, Ernährung von Weidetieren und Schutz der Einzugsgebiete von Wasserläufen sind wesentliche Aufgaben des Waldes, und es ist daher zweckmäßig, die Erhaltung der Wälder mit ihrer Bewirtschaftung zu verbinden.

Heute werden in öffentlichen, aber auch in vielen Privatwäldern der ganzen Erde mit Erfolg forstwirtschaftliche Grundsätze angewendet, die auf dem Pionierwerk Gifford Pinchots beruhen. Die nachhaltige Holzproduktion hat in etlichen Ländern der Waldzerstörung Einhalt geboten.

Die Erhaltung heimischer Tier- und Pflanzenarten indes war bis vor kurzem von

weniger Erfolg gekrönt als der Waldschutz. Einer der Hauptgründe dafür ist der häufige Ersatz eingeschlagener Naturwälder durch exotische, schnellwüchsige Baumarten, die rasch Rendite abwerfen. So erstrecken sich in Neuseeland, dessen von Menschenhand geschaffene Wälder zu den größten der Erde zählen, über weite, einst mit Hartlaubbeständen bedeckte Flächen Wälder aus nordamerikanischen Monterey-Kiefern. Diese Kiefernart wurde auch in Australien, Südafrika und Chile zu Aufforstungen verwendet. In vielen Teilen Europas ersetzte man den sommergrünen Naturlaubwald durch Nadelwälder, während in Brasilien großflächige Areale mit eingeführten Laubböhlzern wie Gmelina und Eukalyptus bepflanzt wurden.

Aus dem Blickwinkel des Naturschützers haben Pflanzungen exotischer Arten den großen Nachteil, daß sie der für den ursprünglichen Naturwald typischen Fauna und Flora in vielen Fällen keinen angemessenen Lebensraum bieten. In jüngster Zeit sind sich die Forstleute jedoch der Wichtigkeit bewußt geworden, Biotope heimischer Arten im Wald zu erhalten, und haben ihre Waldbaupläne entsprechend geändert. Die Förster wissen heute, daß sich durch eine Vielfalt an Baumarten und abwechslungsreichen Waldstrukturen die Lebensbedingungen für Tiere verbessern. Sie haben auch erkannt, daß eine Anzahl alter Baumriesen im Wald stehenbleiben und ein paar geworfene Bäume am Waldboden verrotten sollten, da sie vielen Wildarten ein Habitat verschaffen, die in einer «aufgeräumten» Umgebung nicht überleben.

Der Wirtschaftswald kann die Naturwaldzellen zwar keinesfalls ersetzen, aber durch die Zusammenarbeit von Forstleuten und Naturschützern sollte es möglich sein, die unterschiedlichen Ansprüche, denen die Wälder der Erde genügen müssen, gleichzeitig zu erfüllen.



#### DER PRACHTLEIERSCHWANZ

Der Prachtleierschwanz, *Menura superba*, ist eines der vielen Beispiele für die einzigartigen, spektakulären Tierarten, die lediglich auf dem australischen Kontinent vorkommen. Dieser in den Eukalyptuswäldern des Südens und im Regenwald der gemäßigten Region heimische Vogel war früher von der völligen Ausrottung bedroht, weil die männlichen Tiere viele Jahre hindurch zu Tausenden erbarmungslos erlegt wurden, damit die riesige Nachfrage nach ihren prachtvollen Schwanzfedern gedeckt werden konnte. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde ein Gesetz zum Schutz dieser Vogelart erlassen; allerdings hielt die illegale Jagd auf dieses Tier noch jahrelang nach der Verabschiedung des Gesetzes an. Zwischen 1934 und 1949 setzte man elf Leierschwanzpaare im tasmanischen Nationalpark aus; sie haben sich bis heute so stark vermehrt, daß die Zukunft der Art gesichert sein dürfte.





# Die Gefährdung des Waldes durch die Natur

Unten Der Wind trägt auf natürliche Weise zur Verjüngung des Waldes bei, indem er alte, kranke Bäume wirft. Sturmschäden jedoch wirkt sich verheerend aus, wie dieses Bild zeigt.

Der Wald als ausgewogene Gemeinschaft von Lebewesen, die auf harmonische Weise zusammenwirken, ist für die innere und äußere Gefährdung seiner Unversehrtheit besonders anfällig. Die Bedrohung eines einzigen Mitglieds dieser Gemeinschaft kann eine verheerende Kettenreaktion auslösen.

Die schlimmste Gefahr ist Feuer, das sich ungehindert ausbreitet. Ein bei trockener Witterung durch Blitzschlag oder menschliche Unachtsamkeit verursachter Brand kann unter Umständen großflächige Waldareale vernichten. In einem solchen Fall werden womöglich Jahrhunderte der Entwicklung zu einer geschlossenen Einheit in kürzester Zeit ausgelöscht. Es dauert Jahrzehnte, bis sich der tote, verkohlte Boden wieder begrünt, und es kann ein halbes Jahrhundert verstreichen, bis der Baumbestand nachgewachsen ist.

Auch Überschwemmungen wirken sich auf den Wald oft verheerend aus. Sie können die gesamte Pflanzenwelt des Waldbodens zerstören und die Fauna aus dem Wald austreiben, bis sie am Schluß die Bäume vernichten; bei seichtem Wasser ist es allerdings möglich, daß die Bäume durch andere ersetzt werden, die an das Wachstum mit untergetauchten Wurzeln angepaßt sind. Hochwasserschäden wirken sich vor allem dann katastrophal aus, wenn die Überflutung längere Zeit oder gar dauernd anhält, wie es nach Erdbeben oder bei der Errichtung von Dämmen durch Biber vorkommt. Vermutlich die größten Wasserschäden entstehen jedoch bei gelegentlicher, aber wiederholter Überschwemmung, da sie den Wald nach und nach seines Gleichgewichts beraubt und in eine schlammige Wildnis verwandelt.

Andererseits stellt auch Trockenheit eine mögliche Bedrohung dar. Das Ausbleiben des Monsunregens in den Tropen oder eine Reihe trockener Sommer in gemäßigten Breiten führen zum Absterben großer Bestände von Jungbäumen und beschleunigen die Zerstörung der Altbestände, so daß sich die Zusammensetzung der Baumarten verändert und das Gleichgewicht des Waldes gestört ist.

In manchen Teilen der Welt drücken Orkane riesige Waldbestände zusammen, und wenn die verwüsteten Stellen nicht wieder aufgeforstet werden, ehe sich der nächste Sturm erhebt, vergrößern sich die Lücken mehr und mehr. Wohl hat der Wind im Naturwald die Funktion, alte Bäume zu fällen und so Platz für die junge Baumgeneration zu schaffen, doch wenn er mit solcher Wucht tobt, daß er Bäume jeden Alters entwurzelt oder zerbricht, bedroht er den Wald als Ganzes.

Diese elementaren Schäden können mit Gefahren einhergehen, die den Wald von innen bedrohen. Bei der natürlichen Wiederbesamung einer durch Brand verwüsteten



Fläche entsteht womöglich ein Wald, der sich praktisch aus einer einzigen Art zusammensetzt. Jede Art ist aber für bestimmte Krankheitserreger – Insekten, Pilze oder Viren – besonders anfällig. Wenn also die Umstände von Klima oder Standort, zum Beispiel eine dem Wind ausgesetzte Lage, die Verbreitung einer solchen Krankheit begünstigen, kann sie ungehindert auf den ganzen Wald übergreifen. Eine Gefahr dieser Art droht Naturwäldern selten, ist aber in einem vom Menschen geschaffenen Forst ein großes Risiko. Doch selbst in einem ausgewogenen Wald mit einer natürlichen Mischung von Baumarten ist es möglich, daß eine davon Insekten zum Opfer fällt – vor allem Insekten mit Massenvermehrung. Jede Insektenart ist auf bestimmte Pflanzenteile spezialisiert: Manche zerstören Samen, andere fressen Blätter oder saugen Saft, wieder andere haben es auf Knospen abgesehen.

Insekten können sogar Pilzinfektionen von einem Baum auf den anderen übertragen – mit verhängnisvollen Folgen, wie das Schicksal der Ulmen in Europa und Nordamerika zeigt. Pilzkrankheiten greifen, ungeachtet der Baumarten, leicht von einer Wurzel auf die andere über, gelangen dadurch in den Stamm und zerstören die Bäume von innen. Schädliche Pilze werden auch vom Wind verbreitet, so die Rostpilze, die Entlaubung und Absterben der Bäume verursachen. Bakterien wiederum dringen über Wundstellen in Bäume ein und erregen tödliche Krebskrankheiten.

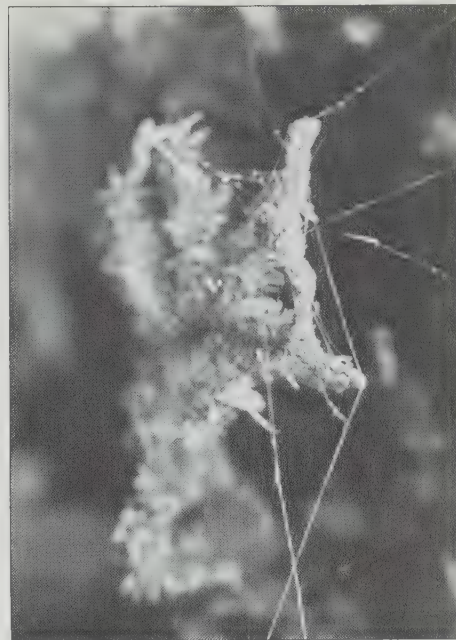
Die Bäume sind nicht einmal gegen Attacken aus dem Pflanzenreich gefeit. Schlingpflanzen und Rebenarten, die sich um einen Jungbaum ranken, können ihn am Wachstum hindern, verkrüppeln oder durch Überwucherung seiner Krone gar ersticken. Auch große Bäume, in deren Wipfel sich von



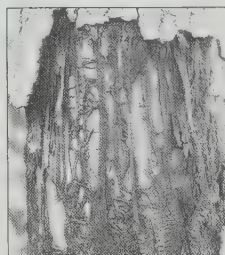
## INSEKTENSCHÄDEN

Insekten fügen dem Wald auf vielfache Art Schäden zu: Sie durchlöchern Blätter, saugen Saft, fressen Knospen, Triebe und Samen oder übertragen Pilz-, Bakterien- und Viruskrankheiten. Unter bestimmten Voraussetzungen, etwa Klimaveränderungen oder Abnahme natürlicher Feinde, kommt es oft zu einer plötzlichen Massenvermehrung von Insektenpopulationen, die einen Wald aus Reinbeständen einer Baumart verheerend schädigen können. Die Insektenpopulation vergrößert sich womöglich so lange, bis der Nahrungsvorrat erschöpft ist. Schließlich vermindert sich die Population, so daß sich die Bäume neu ansiedeln können. Solche periodischen Angriffe können sich während des gesamten Bestehens einer Waldregion wiederholen. In Nordostamerika befällt und zerstört die Fichtengallenlaus (*rechts*) Fichtenwälder, die zusammen Hunderttausende von Hektar Land umfassen. Förster, die sich um den Wiederaufbau des Waldes bemühen, sind gezwungen, andere Baumarten anzupflanzen; dieses Insekt hat somit einen direkten Einfluß auf die Waldzusammensetzung.

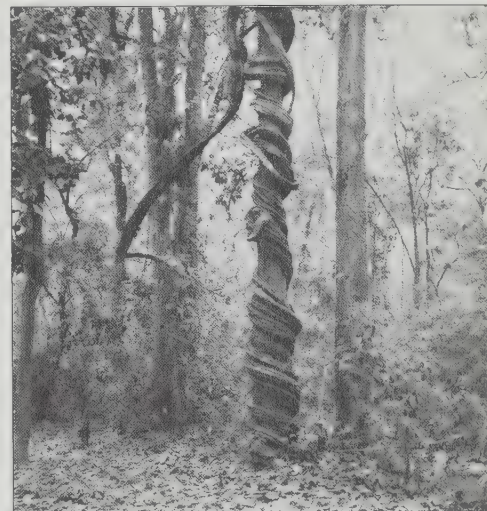
In den letzten Jahren wurde die Ulme in Europa durch die Ulmenkrankheit dezimiert. Es handelt sich um eine Pilzkrankheit, die durch importierte Baumstämme neu aus den USA eingeschleppt wurde und von einem weiteren Insekt, dem Ulmensplintkäfer, übertragen wird.



Rechts Myzel eines an einer Eiche schmarotzen- den Hallimaschs.



Unten Die Biber benagen Äste und Zweige von Uferbäumen zum Bau ihrer Dämme, durch die Auen oft kilometerweit überschwemmt und Bäume «ertränkt» werden.



Unten Hungerige Elefanten fällen ganze Bäume, um an das Blattwerk zu gelangen.

Oben Manche Kletterpflanzen umschlingen die Baumstämme oder ersticken die Kronen.

Vögeln verstreute Samen einer Würger- oder Mörderfeige einnisten, sind der Gefahr ausgesetzt, von den dem Boden entgegenwachsenen Luftwurzeln der Pflanze umschlungen und schließlich erdrückt zu werden.

Manche Vögel und andere Tiere, vor allem die Säuger, die sich fast epidemisch vermehren, richten oft schwere Baumschäden an. Wühlmäuse fallen über Wurzeln und Triebe von Sämlingen her und zerstören sie in großer Zahl. Mäuse, Tauben und viele andere Samenspezialisten unter den Vögeln sind imstande, die gesamte Samenproduktion von Bäumen aufzufressen. Und im Winter, wenn die übrige Vegetation von Schnee bedeckt ist, vertilgen Schalenwild, Hasen und andere Pflanzenfresser Keimlinge, nagen die Rinde von Jungbäumen ab und zerstören sie oder verlangsamen jedenfalls ihr Wachstum.





# Waldbrände

Seit Jahrmillionen sind die Wälder Feuerbrünsten ausgesetzt gewesen, wie sie von der Natur durch Blitzschlag oder Vulkantätigkeit verursacht werden, und hin und wieder hat die Evolution den Fehdehandschuh aufgenommen und so hervorragende Anpassungsformen an Brände entwickelt, daß bestimmte Bäume mit verstärkter Kraft daraus hervorgehen. Solche von der Natur ausgelösten Brände haben selten zu schlimmen Verwüstungen geführt, da sie sich meist auf großer Höhe entzünden und nur langsam bergabwärts wandern. Doch heute ist für neunzig Prozent aller Waldbrände der Mensch verantwortlich, und da sie gewöhnlich in zugänglichen, tieferliegenden Waldteilen ausbrechen, sind sie weit verheerender, wenn es nicht gelingt, sie im Keim zu ersticken. Allein in den Vereinigten Staaten werden jährlich über 64 Millionen Hektar Wald durch solche Brände zerstört.

Man unterscheidet drei Arten von Waldbränden: Erdfeuer, die unterirdische Torf- oder Kohlenlager erfassen; Boden- oder Lauffeuer, die sich von toten Blättern, Zweigen oder Bodenpflanzen nähren, und Wipfel- oder Kronenfeuer, die sich aus Bodenfeuer entwickeln und bis zum Walddach hinauf alle brennbaren Baumteile ergreifen. Diese Kronenfeuer sind am verheerendsten, denn wenn sie einmal Fuß gefaßt haben, versprühen sie Funken, die oft meilenweit entfernt trockenes Holz und Laub in Brand setzen und so das Flammenmeer ausdehnen, bis es sich kaum mehr eindämmen läßt.

Die Arbeit der Löschtrupps zielt darauf ab, das sogenannte Feuerdreieck zu durchbrechen, das sich aus den drei Bedingungen zusammensetzt, die Voraussetzung für einen Brand sind – Brennstoff, Sauerstoff und Hitze. Wird eine dieser Voraussetzungen beseitigt, ist dem Feuer die Nahrung entzogen.

In Dürrezeiten wird oft ein Feuerwachdienst eingerichtet, und in stark gefährdeten Zonen sind Tag und Nacht Flugzeuge im Einsatz; manche von ihnen sind neuerdings mit Infrarotsensoren ausgerüstet, die Brandherde durch eine Wolkendecke hindurch zu orten vermögen. Wird ein Brand gemeldet, so kommt es darauf an, ihn so schnell wie möglich unter Kontrolle zu bringen. Zu diesem Zweck sind Tag und Nacht Löschtrupps in Bereitschaft. In Regionen, die nicht durch Straßen erschlossen sind, springen möglicherweise Fallschirm-Löschgruppen über der Brandzone ab, oder Hubschrauber schweben dicht über dem Feuerherd, um Löschmannschaften abzusetzen, die auf Strickleitern zum Erdboden klettern. Die Aufgabe einer solchen Vorhut besteht darin, den Brand vorerst in Schach zu halten.

Inzwischen werden in einer Kommando-zentrale natürliche oder künstlich errichtete

Unten Bereits ein winziger Funke, der auf das Trockenlaub fällt, genügt, um einen Brand zu entfachen. Während aufgeschreckte Tiere entsetzt vor dem Feuer fliehen, lodern, von Bodenluftströmungen getragen,

Flammen empor. Aus den brennenden Wipfeln stieben Funken und verbrannte Pflanzenteile in die Luft und fachen neue Brände an. Sofortiges Eingreifen ist entscheidend, um einen Waldgroßbrand zu verhindern.







Feuersperren, die in der Brandzone vorhanden sein können – Gewässer, Hügel, offenes Gelände oder Brandschutzstreifen –, in die Abwehrstrategie einbezogen. Im weiteren Verlauf überwacht die Zentrale das Vorrücken der Einsatzkommandos, Feuerlöschfahrzeuge und Flugzeuge zu den neuralgischen Punkten.

Das Feuer wird, möglichst mit Unterstützung einer Winddrehung, auf eine Brandspitze zugetrieben, oder man entfacht ein Gegenfeuer, das den heranlaufenden Flammen entgegenschlägt, die Front des Feuers vergrößert und ihm so die Nahrung entzieht.

Wenn die letzten Flammen erstickt sind, bleibt eine qualmende, schwarze Landschaft zurück. Die Aufräumarbeiten können Tage oder Wochen dauern, nachdem der Brand als endgültig «gelöscht» erklärt wurde. Allmählich wächst ein neuer, aus Feuerklimaxarten bestehender Wald heran – aus

Bäumen, die von der Katastrophe profitieren. Im Nordwesten der USA zum Beispiel gehört die Douglasie zu diesen Arten, und wo sie heute dominiert, muß sich vor Jahrhunderten ein Großbrand ereignet haben. Kurz nach dem Brand aber übernimmt die Hemlocktanne – die wirkliche Feuerklimaxart – mit ihren Sämlingen die Vorherrschaft im Wald.

Wenn ein solcher Brand auch vom wirtschaftlichen Standpunkt aus zerstörerisch ist, sind Feuer zur richtigen Zeit – «vorschriftsmäßige Brände» – ein wichtiges Werkzeug der Waldbewirtschaftung. Ohne solche geplanten Aktionen würden sich derart viele Trockenabfälle ansammeln, daß die Folgen einer um sich greifenden Feuersbrunst katastrophal wären. Außerdem läßt sich diese Methode anwenden, um Schädlinge und Krankheiten zu bekämpfen und die Zahl der unerwünschten Bäume in Grenzen zu halten.



*Oben Ein französischer Löschtrupp im Einsatz. Mit Schaufeln bewehrt, graben die Männer totes Blattwerk aus, das sich unter den Farnkräutern abgelagert hat. Durch eine Sperre aus Wald-*

*bodenabfall versuchen sie, dem Feuer den Weg abzuschneiden, indem sie es in der voraussichtlichen, vom Wind gelenkten Richtung aufhalten. Manchmal werden auch Bulldozer eingesetzt.*



*Oben In Nordamerika greift man bei der Bekämpfung von Waldbränden zu raffinierten Methoden. Dieses Flugzeug «bombardiert» den Wald mit feuerhemmenden Chemikalien.*

*Unten So sieht ein kanadischer Fichtenwald nach einem Brand aus. Die Regeneration des Waldes ist bereits sichtbar: Zwischen den verstümmelten Altbäumen schießen junge Fichtensämlinge auf.*





# Die Gefährdung des Waldes durch den Menschen

Die Beziehung zwischen Mensch und Wald ist stets ambivalent gewesen. Der Mensch als Wildbeuter bewohnte den Wald, war ein Teil von ihm und zum Schutz und Unterhalt von ihm abhängig. Der Mensch als Ackerbauer war zwar immer noch auf den Wald angewiesen, da er weiterhin einen Teil seiner Nahrung und Holz zum Bau seiner Häuser aus den Wäldern bezog. Doch zugleich vernichtete er große Waldteile durch Brandrodung und wandelte sie in Felder um, und je raffinierter seine Werkzeuge wurden, um so größer waren die Flächen, die er dem Wald entriß.

Doch indem er den Wald bezwang, zerstörte der Mensch eine der Hauptquellen seines Wohlbefindens. Ein Mittelmeervolk nach dem anderen drängte die Waldgebiete zurück, bis Teile der Küstenwäldern durch Überweidung völlig beseitigt waren: Das Eintreiben großer Schaf- und Ziegenherden in den Wald führte zum Verlust der Humusaufgabe, so daß riesige Landflächen zu unfruchtbaren Wüsten wurden. Durch den zusätzlich ansteigenden Bedarf an Brenn- und Bauholz wurde das Maß der Zerstörung auf die Spitze getrieben.

Die ersten Siedler des nordamerikanischen Kontinents fanden grenzenlos weite Wälder vor, die all ihre Bedürfnisse deckten. Diese Wälder schienen groß genug, um auch die Bedürfnisse der Europäer zu decken, besonders im Zeitalter der wirtschaftlichen Revolution, als das Holz der geplünderten Wälder Amerikas für Bahnschwellen, Stollenstützen und Bauzwecke verschlungen wurde. Nach knapp zwei Jahrhunderten waren in der Neuen Welt nur noch wenige Urwälder übrig, und die aufstrebenden Industrieländer richteten ihre Blicke auf den Tropenwald. Man begann die Regenwälder zu plündern und drang Jahr um Jahr tiefer in sie ein, bis nur noch wenige unberührt blieben. Heute sind die Wälder der Erde überall auf dem Rückzug, da der Bedarf an Holz als Heiz- und Baustoff durch die gewaltige Bevölkerungsexplosion so groß geworden ist, daß ihn die langsam regenerierenden Bäume nicht mehr zu decken vermögen.

Die Einführung von Holzersatzmaterial in Europa und den Vereinigten Staaten — Stahl für Bauten und Plastik für zahlreiche andere Zwecke, Kohle und Öl als Brennstoff — brachte den Wäldern eine Ruhepause. Allerdings wurde die Nachfrage nach Holz durch den gewaltigen Auftrieb der Papierindustrie neu belebt. In Asien, Afrika und Südamerika, wo neunzig Prozent der Weltbevölkerung leben, hat der Bedarf an Brennholz niemals nachgelassen: Die Holzmenge, die weltweit pro Tag zur Verbrennung verbraucht wird, entspricht einem Gegenwert von rund 4,8 Milliarden Liter Erdöl. In manchen Ländern, insbesondere in Nepal und

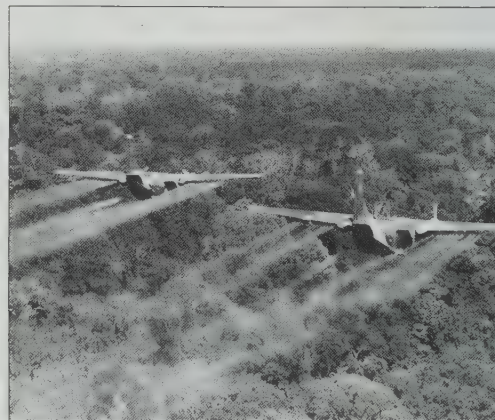
Indien, ist Holz bereits Mangelware. In Kambodja zum Beispiel ist Brennholz teurer als Heizöl; die Bergwälder werden von den Holzfällern zurückgedrängt und hinterlassen kahle Steilhänge, wo die Gefahr von Erdbeben akut ist und Katastrophen drohen.

Neben der Deckung dieser Lebensnotwendigkeiten werden auch weniger dringliche Forderungen an die Wälder der Erde gestellt. Die modische Vorliebe für das Holz einiger weniger der zahllosen Holzarten, aus denen der Tropenwald besteht, hat — oft in Ländern, die ihre Wirtschaft nicht anderweitig aufrechterhalten können — zu einer verschwenderischen, stückweisen Ausbeutung geführt. Der Einschlag beliebter Baumarten hinterläßt ausgedehnte Flächen geschundenen, verarmten Waldes, die man oft durch Feuer freilegt, um ein weiteres Eindringen in den Wald zu erleichtern. Auf diese Art haben manche Länder siebzig bis achtzig Prozent ihrer Waldbestände eingebüßt; Hochwasser, Erosion sowie allgemeine Bodenschäden sind die Folge.

Im brasilianischen Staat Amazonas wurde in den letzten paar Jahren fast eine Viertelmillion Hektar Regenwald beidseits der neuen, das Land durchkreuzenden Autobahn (Transamazonica) gefällt, um Boden für eine nur bedingt lebensfähige Landwirtschaft zu gewinnen — ein Raubbau, der zu Umweltkatastrophen führen muß. Nimmt man die Gleichgültigkeit hinzu, mit der die Menschen vieler Länder der Beschädigung von Bäumen durch die Luftverseuchung begegnen, und die verheerenden Folgen der Brennholznot, so wird klar, daß die Umweltkrise nur durch weltweite Lösungen gemildert werden kann.

Man legt heute Pflanzungen raschwüchsiger Baumarten wie Eukalyptus und Kiefern an, die auf dürrigen Böden oder gar in Halbwüsten gedeihen. Außerdem werden durch wissenschaftliche Baumzucht Stamm-pflanzen selektiert, die in bestimmten Klimaten besser gedeihen als die natürlich verbreiteten Formen. Durch diese und weitere Maßnahmen, etwa die Schädlingsbekämpfung, verbunden mit kluger Forstbewirtschaftung und dem Bewußtsein der Gefährdung, der die Wälder der Erde ausgesetzt sind, könnte es gelingen, der gegenwärtigen Fehlentwicklung noch eine Wende zu geben.

Paradoxiereise nehmen gerade in den höchstentwickelten Industrieländern der Welt die Areale zu, wo künstlich geschaffene Wirtschaftswälder wachsen. Aber auch die Regierungen der Tropenländer werden sich allmählich der Bedeutung der Wälder für ihre Wirtschaft bewußt, die in diesen Gebieten eine wichtige Stütze der Landwirtschaft sind. Die Pflege der Wälder als Erholungsstätten inmitten der Unwirtlichkeit unserer Welt wird zunehmend gefördert.



*Oben Im Krieg können die Schäden, die Menschen dem Wald zufügen, unwiderrufliche Folgen haben. Seit dem Ersten Weltkrieg wurden*

*Chemikalien bei kriegs-geischen Auseinandersetzungen wiederholt zur Zerstörung der Umwelt eingesetzt.*





Links Beim Bau der Transamazonica wurde der Wald für Bauern zugänglich, deren Brandrodungstechnik verheerende Folgen für diese Region hatte.

Rechts In Südtunesien werden Windbrecher gepflanzt, die den Prozeß der Wüstenbildung bremsen. Der Wert der Aufforstung, durch die das Wasserhaltevermögen des Erdreichs steigt und der Boden geschützt wird, ist allgemein anerkannt.

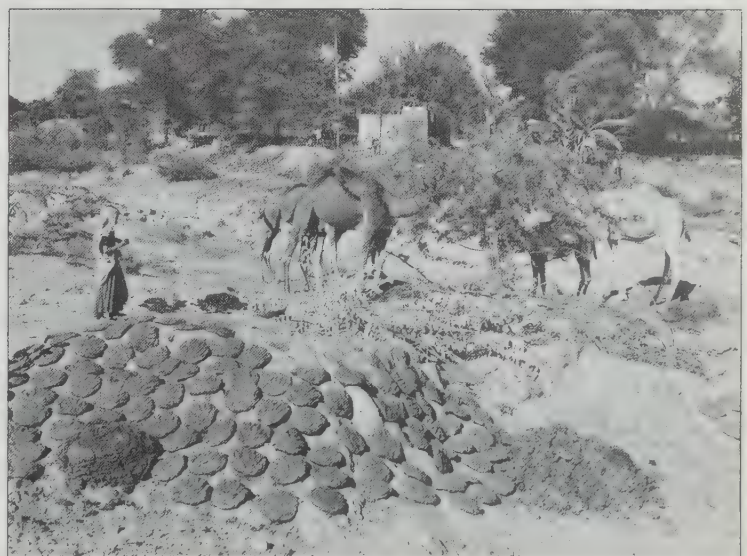
Unten Die traurigen Resultate des Brandrodungsackerbaus auf dem empfindlichen Waldboden — eine verwüstete, unfruchtbare Landschaft.



Oben Holz ist — so erstaunlich dies tönt — für die Hälfte der Erdbevölkerung noch immer die Hauptenergiequelle. Am Holzverbrauch gemessen,

ist Brennholz tatsächlich das Hauptprodukt der Wälder der Erde. Auf diesem Bild wird Brennholz von einer Dhow auf dem Nil abgeladen.

Rechts Überweidung trug dazu bei, daß Teile Indiens heute Wüsten sind. Getrockneter Kuhmist muß als Brennstoff herhalten.





# Die Wälder der Zukunft

Wie werden die Wälder der Zukunft beschaffen sein, und welchen Gebrauch wird man von ihnen machen? Bei der Beantwortung dieser Frage spielen ein paar Fakten eine wichtige Rolle. Erstens wird sich der Weltholzverbrauch bis zum Ende dieses Jahrhunderts um schätzungsweise achtzig Prozent erhöhen. Zweitens haben die tropischen Regenwälder bislang lediglich rund ein Zehntel zur gesamten Holzproduktion beigetragen; dies wird sich inskünftig drastisch ändern. Schätzungen zufolge wird die Nachfrage nach Tropenharthölzern bis zum Jahr 2000 an die hundert Millionen Festmeter jährlich erreichen.

Es scheint klar, daß – innerhalb der Grenzen von Umwelt, Wirtschaft und Politik – in einem weit größeren Umfang Waldbau betrieben werden muß, als es heute geschieht. Laut Angaben der Organisation für Ernährung und Landwirtschaft der Vereinten Nationen (FAO) sind rund hundert Millionen Hektar der Erdlandfläche mit Wald bedeckt, von denen ungefähr sechzig Prozent im erwerbswirtschaftlichen Sinn produktiv sind. Die Holzerzeugung in den Tropenwäldern hängt von den Zielsetzungen ab, doch ist vorauszusehen, welche Ziele man anstrebt, nämlich Quantität und Qualität der von Handel und Industrie verlangten Hölzer zu verbessern. Diese Ziele wird man vielleicht durch eine Änderung oder gar völlige Umwandlung der Waldökosysteme erreichen, wie sie bereits in verschiedenen Weltteilen durchgeführt wurden.

In Regionen mit einer deutlichen Dürreperiode hat die Vereinfachung der Waldökosysteme durch ihre Umwandlung in Baumkulturen positive Ergebnisse gezeitigt, zumal die Klimabedingungen eine straffe Kontrolle von Schädlingen, Krankheiten und anderen Faktoren erlauben. Die Bewirtschaftung tropischer Regenwälder hingegen ist problematisch. Man wird die Erkenntnisse kluger Bewirtschaftung wesentlich erweitern müssen, wenn der künftige Bedarf gedeckt und ein nachhaltiger Ertrag erzielt werden soll. Dabei darf sich der nachhaltige Ertrag nicht nur am Zuwachs der Bäume messen, sondern muß eine ganze Reihe von Umweltfaktoren miteinbeziehen. Trotz aller gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen im Forstbau sind weit größere Forschungsanstrengungen nötig, als sie bislang unternommen wurden, zumal man die Erfahrungen, die in gemäßigten Waldzonen gemacht wurden, nur beschränkt auf die Tropen übertragen kann.

So wissen wir nicht ausreichend Bescheid über die Folgen der Zerstörung von Tropenwäldern; über Umweltverhalten, biologische und physiologische Beschaffenheit der Arten, die neu eingeführt werden sollen; über die genetische Verbesserung von Zuchtformen und Samen (einschließlich Abstammungs-

und Nachkommenschaftstests, Klonzüchtungen zur Erzeugung großer Mengen identischer Nachkommen und Kreuzungen); über praktischen Waldbau (wie das Setzen von Bäumen, Pflanzabstände und den Gebrauch von Düngemitteln); über Schädlinge und Krankheiten; über die Entwicklung unempfindlicher Arten, die an Standorten mit abweichenden Bedingungen einen Ertrag von angemessener Quantität und Qualität abwerfen, und nicht zuletzt über wirtschaftliche Aspekte (siehe Seiten 166/167).

Wissenschaftliche Untersuchungen zu diesen Problemkreisen sind bereits im Gang, aber es gibt noch viele Lücken. Schwierigkeiten und Fehlschläge bei der Verjüngung tropischer Urwälder hatten zur Folge, daß Forstleute die Forschung vernachlässigten und ihre Aufmerksamkeit auf die völlige Ersetzung tropischer Wälder durch Forstkulturen richteten. Gegenwärtig unternommene Anstrengungen, die regelmäßigen Erträge heimischer Tropenwälder zu verbessern, müssen unbedingt verstärkt werden.

Die Entdeckung, daß sich das Wachstum vieler Arten sprunghaft erhöht, wenn sie in nichtheimischen Gebieten gesetzt werden, ist das Grundprinzip zahlreicher Plantagenwälder. In Europa wurden weite Gebiete mit nordamerikanischen Sitkafichten, *Picea sitchensis*, und Drehkiefern, *Pinus contorta*, bepflanzt; von der Monterey-Kiefer, *P. radiata*, aus Kalifornien wurden in Neuseeland derart ausgedehnte Kulturen angelegt, daß dieser Inselstaat heute einen der größten «künstlichen» Wälder der Welt besitzt. Eines der weltweit größten Vorhaben dieser Art ist das Jari-River-Projekt in Brasilien, wo an die 480 000 Hektar Urwald eingeschlagen wurden. In dieser Zone sind 16 500 Hektar ausschließlich mit *Gmelina arborea*, *Eucalyptus deglupta* und *Pinus caribea* bepflanzt worden. Bei dem äußerst komplizierten Unterfangen, Tropenlaubwälder in bewirtschaftete Kulturwälder umzuwandeln, sind Computermodelle, die die Bewirtschaftungspläne simulieren, eine wesentliche Hilfe im Entscheidungsprozeß.

Der Waldbau wird sich inskünftig vermehrt mit anderen Aufgaben als der Produktion von Holz für die Bau- und Papierindustrie befassen müssen. Eine dieser Aufgaben wäre die Behandlung der Wälder als Lebensraum von Wildtieren. Eine weitere bestünde in der Erwägung, welchen Beitrag die Wälder zur Energieversorgung leisten können (siehe Seiten 216/217). Angenommen, der jährliche Holznachwuchs der Wälder der Erde beträgt 13 Milliarden Tonnen und ist zur Hälfte erwerbswirtschaftlich verwertbar, dann könnte vom Rest eine Milliarde Megawatt elektrischer Strom auf der Basis der «Nachhaltigkeit» erzeugt werden – das Doppelte der Stromerzeugung der USA im Jahr 1979.







Oben Beim Jari-Projekt wurden weite Flächen unergiebiges Regenwalds durch schnellwüchsige Pinien aus Mittel- und Südamerika ersetzt, wie sie auf dem Bild zu sehen sind.

Links Bei der heutigen Beanspruchung der Waldreserven der Welt ist es denkbar, daß die geschützten Nationalparks und Naturwaldreservate oder, wie dieser unberührte Landstrich in Kanada, die zum Schutz von Flußeinzugsgebieten nötigen Wälder die einzigen Naturwälder sind, die in der Zukunft übrigbleiben.

## DIE BÄUME VON MORGEN

Je mehr wir über die genetischen Geheimnisse des Waldes wissen, um so besser bekommen wir sie in den Griff, so daß der stetig steigenden Beanspruchung der Wälder durch die Holzproduktindustrie begegnet werden kann. Die wirtschaftlich ergiebigsten Bäume sind rasch geradewüchsig und krankheitsresistent. Forstwissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, daß Erbfaktoren bei der Züchtung solcher Bäume eine ebenso wichtige Rolle spielen wie Umwelteinflüsse, so daß durch kontrollierte Bestäubung mehr Exemplare erzeugt werden können. Werden die weiblichen Baumblüten zum Zeitpunkt ihrer Befruchtungsfähigkeit durch pollendichte (jedoch luftdurchlässige) Plastikhüllen geschützt, so kann mit einer den Wind imitierenden Spritze (rechts) Pollen von männlichen Bäumen eingeführt werden, die erwünschte Eigenschaften weitervererben. So werden die Bäume von morgen in den Wirtschaftswäldern von heute gezüchtet.





# NADEL- WÄLDER

...Die Nachmittagssonne war schon ziemlich tief zu Rüste gegangen, und spann schon manchen roten Faden zwischen den dunklen Tannenzweigen herein, von Ast zu Ast springend, zitternd und spinnend durch die vielzweigigen Augen der Himbeer- und Brombeergesträuche — daneben zog ein Hänfling sein Lied wie ein anderes dünnes Goldfädchen von Zweig zu Zweig, entfernte Berghäupter sonnten sich ruhig, die vielen Morgenstimmen des Waldes waren verstummt, denn die meisten der Vögel arbeiteten, oder suchten schweigend in den Zweigen herum. Manch Waldlichtung nahm sie auf und gewährte Blicke auf die rechts und links sich dehnenden Waldrücken und ihre Täler, alles in wehmütig feierlichem Nachmittagsdufte schwimmend, getaucht in jenen sanftblauen Waldhauch, den Verkünder heiterer Tage...

ADALBERT STIFTER, *Der Hochwald*









# Das Ökosystem

Die großen Nadelwälder der Erde wachsen in hohen nördlichen, an die baumlose Tundra der Arktis angrenzenden Breiten, unterhalb des ewigen Schnees der großen Gebirgsmassive oder an den wasserarmen Hügelhängen südlicherer Breiten. Diese ausgedehnten immergrünen – doch allgemein unzugänglichen – Wälder bergen die wertvollsten Holzvorräte der Welt.

Mehr als die Hälfte aller Nadelwälder befindet sich in Asien und erstreckt sich, mit kleineren, aber wichtigen Ablegern im Himalaja und im Hochland Japans, über ganz Sibirien, China und Korea bis zur Beringstraße. In Europa besitzen sie großflächige Areale in Skandinavien und an der Ostseeküste und begrenzt in den Alpen, Vogesen und Karpaten. In Nordamerika ziehen sich breite Waldgürtel quer durch den Kontinent, von Alaska bis Quebec, die Pazifikküste entlang nach Kalifornien und ostwärts bis in die Rocky Mountains.

An Vielfalt und Wuchs der Baumarten gemessen, sind die weitaus spektakulärsten Nadelwälder die Areale an der Pazifikküste, in Britisch-Kolumbien und im Nordwesten der Vereinigten Staaten, wo feuchtes, mildes Klima herrscht, das sich stark von den harten Bedingungen der Hochgebirge und des subpolaren Waldgürtels unterscheidet. In dieser Region, wo die Bäume selten Schnee oder Frost ausgesetzt sind und tief in Schwemmlandböden wurzeln, wachsen sie zu schwindelerregenden Höhen und gigantischen Breiten heran; oft erreichen sie über neunzig Meter Höhe und neun Meter Stammumfang. Innerhalb dieser Waldzone gibt es deutlich umrissene Unterzonen, wo bestimmte, an lokale Klimaten angepasste Arten dominieren. Die Küstensequoie zum Beispiel, deren Verbreitung von hoher, mit Meeresnebeln verbundener Luftfeuchtigkeit abhängt, besitzt in einem Küstenstreifen Nordkaliforniens umfangreiche Areale mit großem Holzvolumen.

Im borealen Waldgürtel, der südlich der Arktis die Erde umschließt, dauert die Vegetationszeit nur drei bis vier Monate, in denen zwar ununterbrochener Tag herrscht und die Temperaturen gelegentlich hoch sind, aber der Winter sehr kalt und lang ist, so daß das Wasser im Erdreich lange Zeit zu Eis gefroren und der Boden mehrere Monate dick in Schnee gehüllt ist.

Um unter solchen Bedingungen zu überleben und sogar zu gedeihen, müssen die Koniferen an Trockenheit, tiefe Temperaturen, Schnee und Sturm 'angepaßt' sein. Der schlanke, pyramidenförmige Wuchs schützt sie vor Wind, und ihre langlebigen schmalen, mit Wachs überzogenen und Harz getränkten Nadelblätter verhindern übermäßige Transpiration. Die einzige Ausnahme ist die sommergrüne Lärche, die unter Be-

Rechts *Südlich des Nordpols breiten sich ausgedehnte Fichten-, Tannen- und Kiefernwälder aus. Koniferenwälder kommen auch an den Hängen der großen Gebirgsketten der Welt vor.*

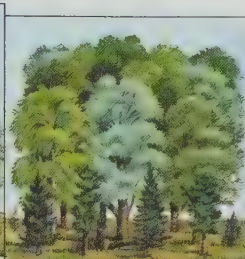
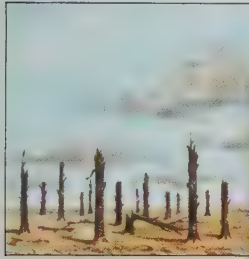
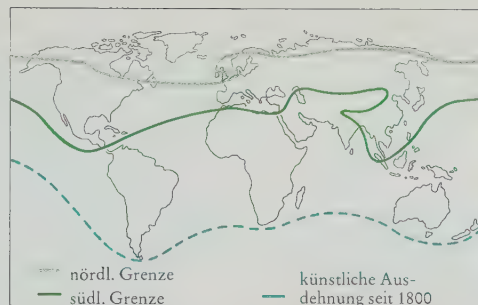
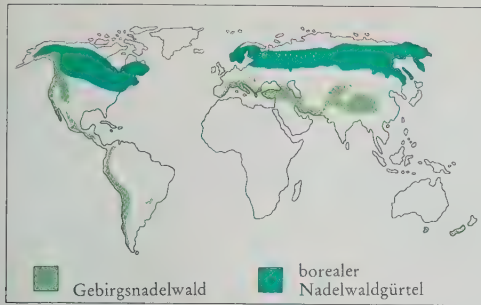
Rechts außen *Das Vorkommen der Kiefern ist im Norden durch extreme Kälte und im Süden, trotz künstlicher Verbreitung, durch geringen Niederschlag oder Hitze begrenzt.*



Oben *Das bevorzugte Habitat des amerikanischen Elchs sind Sumpfgelände, wo offene Gehölze von Weiden, Espen und Birken gedeihen. Er ist in der Lage, an Futter zu gelangen, das anderen Tieren unzugänglich ist.*

Links *Ein «trunkener Wald» entsteht, wenn der Oberboden im Winter gefriert und einen Druck auf die Baumstämme ausübt, so daß sie sich zur Seite neigen oder sogar brechen. Im Sommer taut der Boden auf und bildet Teiche in Löchern, die von ehemaligen Gletschern ausgehöhlt wurden. Die Bäume bleiben schief auf einer schwankenden Schicht langsam zerfallender Pflanzenreste stehen.*





## NEUBESIEDLUNG

Oben Nachdem ein reifer Wald durch Brand oder Kahlschlag dem Erdboden gleichgemacht wurde,

besiedeln Espen, Weiden, Erlen und Birken den Kahlschlag als erste Baumarten wieder.

Doch allmählich wachsen die Nadelbäume aus Samen und Trieben neu heran. Sie werden von

Natur aus größer als die Laubbölder, überschatten sie und erobern ihre alte Vorherrschaft zurück.



Sonnentau (oben) und Kannenpflanzen (unten) fangen Insekten ein, um den Stickstoffmangel im Boden zu kompensieren.

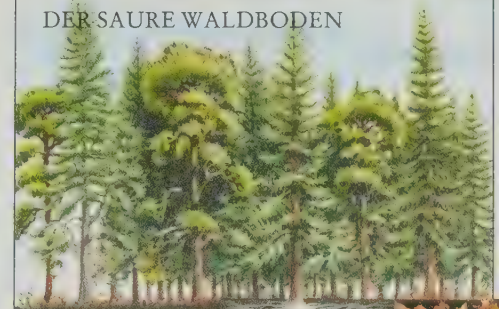


Oben Die Kiefernplantagen in den fruchtbaren Böden der amerikanischen Südstaaten — der Korn-

kammer der Welt — beliefern die moderne Zelluloseindustrie. Kiefern sind bemerkenswert

anpassungsfähig; unter Optimalbedingungen wachsen sie rasch und erfordern wenig Pflege.

## DER SAURE WALDBODEN



verwittertes Untergrundgestein  
ockerbraunes Band von lehmiger Beschaffenheit  
dunkelbraunes Band mit eingeschwemmten Humussäuren und Eisenverbindungen  
helle Bleichsandschicht  
dunkle humusreiche Schicht  
Rohhumusdecke  
Pflanzenabfall auf der Bodenoberfläche

Die Schicht toter Nadeln, Zweige und Zapfen, die den Nadelwaldboden bedeckt, zerfällt langsam zu schwarzem Humus. Dieser Vorgang dauert indes sehr lange, weil die Arbeit von Regenwürmern und anderen Kleinlebewesen, die das Erdreich durchwühlen, wegen der anhaltenden Kälte gebirgiger oder nördlicher Lagen erschwert ist. Deshalb kennzeichnen sich die für diese Regionen typischen, Podsole genannten Böden durch deutlich sichtbare Schichten. Der Humus bildet schwache Säuren, die mit dem Regenwasser versickern und wichtige Mineralstoffe mitschwemmen; diese eingeschwemmten Stoffe lagern sich tiefer im Erdreich als harte Schichten ab, während die Erde unterhalb der Oberfläche gebleicht und ausgewaschen zurückbleibt. Das Resultat ist ein steriler wasserdurchtränkter, sandiger Oberboden, den die Wurzeln nicht durchstoßen können, um tief in der Erde Nährstoffe aufzunehmen. In dieser mißlichen Lage gehen die Baumwurzeln eine merkwürdige, als Mykorrhiza bezeichnete Symbiose mit Pilzen ein (oben), die die Wurzeln mit Nährstoffen versorgen.

dingungen gedeiht, die selbst die immergrünen Bäume nicht mehr ertragen: Bei starkem Temperaturrückgang wirft sie ihr Nadelkleid ab und erwacht wieder zu neuem Leben, sobald der Frühling anbricht.

Gerade der Umstand aber, daß die Blätter der meisten Koniferen lange Zeit nicht abfallen und neben anderen Stoffen Stickstoff durch Auswaschung einbüßen, führt, verbunden mit Tieftemperaturen, zu einem weiteren Merkmal des Nadelwaldes: Unter den Bäumen sammelt sich eine saure Schicht unzersetzten Pflanzenabfalls an. Und weil Koniferennadeln für die wenigsten Tiere genießbar sind, werden auch keine Nährstoffe aus Tierexkrementen an den Boden zurückgeführt. Es scheint daher, daß er seine Fruchtbarkeit allmählich verlieren könnte; dieser Verlust wird jedoch weitgehend durch die Lebensgemeinschaft zwischen den Baumwurzeln und einer Pilzgruppe — den Myk-

horrhiza — verhindert. Diese Pilze besiedeln den Abfall des Nadelwaldes und führen den Wirtspflanzen auf direktem Weg Mineralstoffe zu, ehe sie im Erdreich versickern.

Grundsätzlich sind die subalpinen Wälder denselben Extrembedingungen ausgesetzt wie die subpolaren, verfügen aber über längere Vegetationszeiten und intensiveres Sonnenlicht. Die Bäume, die hier wie dort denselben Gattungen oder gar Arten angehören, erreichen im Gebirge oft größere Ausmaße, doch allgemeiner Habitus und Nadelgrößen sind sich sehr ähnlich.

Im Mittelmeerbecken und in Teilen Kaliforniens, wo die Winter gewöhnlich warm und feucht und die Sommer heiß und trocken sind, behaupten sich Zedern, Kiefern, Zypressen und Wacholder mit stark gewachsenen, harzhaltigen Nadeln und knorrigen Ästen gegen schwere sommerliche Wasserarmut und bilden großflächige Wälder.

In der südlichen Hemisphäre sind Nadelwälder selten: An den Abhängen der chilenischen Anden, die dünn mit armen trockenen, steinigen Böden bedeckt sind, bildet die Chilenische Araukarie ausgedehnte Bestände, während in Neuseeland einige Waldrelikte der Kaurifichte zeigen, wie eindrucksvoll diese Wälder einst waren. In Neuseeland und Afrika kommen auch vereinzelte Bestände von Steineibenarten vor.

Die wirklich großen Nadelwälder der Erde wachsen indes im hohen Norden oder in großen Höhen, wo die Witterung kalt ist. Ihre Bäume sind das direkte Erbe der mageren, flachen Steinböden, die die Gletscher bei ihrem Rückzug hinterließen. Sie sind an ihre jetzigen Bedingungen so gut angepaßt, daß sie sich ihre Vorherrschaft kaum von den höher entwickelten Laubböldern streitig machen lassen, die im Flachland bis zur Südgrenze ihres Reichs herangerückt sind.



# Die Bäume



## Zedern

Libanonzeder, *Cedrus libani*

Wie die beiden anderen echten Zedernarten zeichnet sich die Libanonzeder durch einen prächtigen Stamm und eine flache Schirmkrone aus. Sie breitet bisweilen ihre untersten Äste auf dem Boden aus; ihre Zweigenden sind stets horizontal – im Gegensatz zu den Zweigspitzen der Himalajazeder, *C. deodara*, die herabhängen, und denen der Atlaszeder, *C. atlantica*, die sich nach oben biegen. Die Zedernnadeln gleichen in Form und Anordnung den Blättern der Lärche, sind aber immergrün und viel steifer. Die tomenförmigen, am Triebende sitzenden Zapfen brauchen zwei Jahre zur Reifung.

## Kiefern oder Föhren

Drehkiefer, *Pinus contorta*

Das natürliche Verbreitungsgebiet der rund hundert Kiefernarten reicht vom Äquator bis zum Polarkreis. Junge Kiefern sind meist konisch geformt; mit zunehmendem Alter verzweigen sich die Kronen. Die Nadeln sind lang und schmal und durch Schuppen zu zwei-, drei- oder fünfnadeligen Bündeln zusammengefaßt. Die Nadelanzahl ist ein Hauptmerkmal der Kiefern, da sie bei jeder Art konstant ist. Die Drehkiefer etwa trägt stets zweinadelige Bündel. Diese Art ist gelegentlich strauchförmig, wird aber bis zu 25 Meter hoch. Größe und Form der Zapfen sind von Art zu Art verschieden.



## Tannen

Große Küstentanne, Kalifornische Tanne, *Abies grandis*

Es gibt rund fünfzig Tannenarten, die sich alle durch einen kerzengeraden Stamm auszeichnen. Die Große Küstentanne ist nach ihrer gigantischen Höhe (bis zu 75 Meter) benannt; in der Jugend ist sie besonders wuchsfreudig. Die Weißtanne, *A. alba*, verdankt ihren Namen den zwei weißlichen Wachsstreifen auf der Nadelunterseite. Die Nadeln sind kurz, flach und beiderseits regelmäßig am Trieb angeordnet; sie haben keine Blattstielchen wie die Fichten und hinterlassen beim Abfallen kreisrunde Narben. Alle Tannenzapfen stehen aufrecht und fallen am Baum auseinander.

## Fichten

Gemeine Fichte oder Rottanne, *Picea abies*

Die Rottanne ist ein typischer Vertreter der Gattung Fichte. Rottannen haben einen symmetrischen Wuchs, dichte Kronen und oft schrägwachsende Stämme. Obwohl weniger großwüchsig als andere Arten, können Rottannen bis zu sechzig Meter Höhe erreichen. Ihr Unterscheidungsmerkmal sind die kleinen, höckerigen Blattkissen, auf denen die Nadeln sitzen: Zupft man eine Nadel vom Zweig, so löst sich das Kissen mit samt der Nadel. Fallen Fichtennadeln aber von selbst ab, bleiben die winzigen Stummel am Zweig und geben ihm eine raue Oberfläche.

Im Vergleich zu den Laubbäumen sind die Koniferen untervertreten – es gibt nur rund 570 Nadelbaumarten. Sie haben jedoch einige der ausgedehntesten Wälder der Erde hervorgebracht und sind die wichtigsten Holzlieferanten.

Fast ein Fünftel aller Koniferen gehören zu den echten Kiefern, *Pinus*, die in den kalten, trockenen Zonen der Nordhalbkugel und in manchen südlicheren Landstrichen mit hoher Sommertemperatur und geringem Niederschlag riesige Wälder bilden. Die Wälder Nordeuropas, die sich von Skandinavien nach Osten bis zur Beringstraße erstrecken, werden beherrscht von der Gemeinen Kiefer, *P. silvestris*, und der Sibirischen Kiefer, *P. sibirica*; in Nordamerika, dem «Weltzentrum» der Kiefern, sind Westamerikanische Weymouthskiefern, *P. monticola*, Drehkiefer, *P. contorta*, Banks-Kiefer, *P. banksiana*, Rotkiefer, *P. resinosa*, und die in Ostamerika heimische Strobe, *P. strobus*, die wichtigsten Vertreter im Waldgürtel, der sich von Alaska bis nach Ostkanada erstreckt.

In den Wäldern des Kaskadengebirges und der Sierras, wo Trockenzeit und hohe

Sommertemperaturen vorherrschen, wachsen die zwei größten Kiefernarten der Welt, die Zuckerkiefer, *P. lambertiana*, und die Goldkiefer, *P. ponderosa*, auf verschiedenen Breitengraden bis zur Baumgrenze, in Gesellschaft zahlreicher anderer Arten der Gattung und einem ganzen Heer weiterer Nadelbäume. Südöstlich der großen Ebenen bedecken vier zwar harzreiche, aber wirtschaftlich höchst wichtige Hauptarten der südlichen Kiefer Tausende von Quadratkilometern: Loblolly-, Sumpf-, Elliott- und Gelbkiefer.

Die echten Tannen, viel weniger zahlreich vertreten als die Kiefern und leicht erkennbar an ihren Zapfen, die aufrecht stehen wie Kerzen am Weihnachtsbaum, kommen auf den fetteren Waldböden der nördlichen Länder vor. Das Verbreitungsgebiet der Sibirischen Tanne, *Abies sibirica*, reicht von Skandinavien bis nach Nordrußland, während in China und noch weiter im Osten *A. nephrolepsis* an ihre Stelle tritt; in Mittel- und Ostkanada ist die Balsamtanne, *A. balsamea*, sehr zahlreich vertreten. In den Alpen bestehen viele Wälder ausschließlich aus der Edel-, Weiß- oder Silbertanne, *A. alba*, und im Himalaja zählen zwei Tannenarten zu den

wichtigen Waldbäumen auf mittlerer Höhe – *A. pindrow* und *A. spectabilis*. Die schönsten Tannen wachsen aber längs der Küste und an den Hängen der mittelhohen Gebirge Nordwest-Amerikas: Zu ihnen gehören die hochragende Große Küstentanne, *A. grandis*, die Amerikanische Edeltanne, *A. procera*, und die Purpurtanne vom Pazifik, *A. amabilis*, die meist in den eher niedrigen Zonen gedeihen, während Pracht- und Felsengebirgstanne, *A. magnifica* und *A. lasiocarpa*, auf größeren Höhen angesiedelt sind.

Die Fichten mit ihren hängenden Zapfen sind in den Wäldern Nordeuropas durch Gemeine Fichte, *Picea abies*, und Sibirische Fichte, *P. obovata*, vertreten, in Alaska und Kanada durch Weißfichte, *P. glauca*, und Schwarzfichte, *P. mariana*, während die Sitka-Fichte, *P. sitchensis*, der höchste Baum der Gattung, an den Küsten Alaskas und Britisch-Kolumbiens in Reinbeständen vorkommt. Die Küstenwälder dieser Region sind außerdem die Heimat der Douglasie, *Pseudotsuga menziesii*; sie wächst in Gesellschaft von Riesenlebensbaum, *Thuja plicata*, und Westamerikanischer Hemlocktanne, *Tsuga heterophylla*.





### Lärchen

Gemeine Lärche, *Larix decidua* oder *europaea*

Die Lärchen sind nadelwerfend, haben aufrechte Stämme und symmetrische, schmale, kegelförmige Wipfel. Die Zweige sind gewöhnlich an den Enden nach oben gebogen, und die unteren Äste sehr alter, freistehender Lärchen sehr kräftig ausgebildet. Die meistgepflanzte Art, *L. decidua*, ist durch strohfarbene Zweige mit stummelförmigen Kurztrieben gekennzeichnet, an denen Rosetten von zwanzig bis dreißig weichen Nadeln treiben; sämtliche Lärchenarten haben weiche Nadeln. Die Schuppen der tonnenförmigen Zapfen sind eng aneinandergepreßt.

### Douglastannen

*Pseudotsuga menziesii*

Die Douglasien zeichnen sich durch besondere Höhen aus — meist werden sie siebenzig Meter hoch — und sind leicht erkennbar. Die braunen schuppigen, zugespitzten Knospen ähneln Buchenknospen, sind aber dünner. Die gelben, an der Zweigunterseite stehenden männlichen Blüten reifen nicht zur gleichen Zeit wie die weiblichen, die an den Zweigenden sitzen, wie Triebe aussehen und sich rasch erst zu grünen eiförmigen, dann zu braunen hängenden Zapfen entwickeln, zwischen deren Schuppen dreispitzige Deckschuppen sitzen — ein besonderes Merkmal der Douglasie.

### Hemlocktannen

Westamerikanische Hemlocktanne, *Tsuga heterophylla*

Die nicht sehr umfangreiche Gattung *Tsuga* umfaßt neun Arten, die aus Nordamerika, Ostasien und dem Himalaja stammen. Die Hemlocktannen sind ihrer Eleganz wegen als Zierpflanzen beliebt; *T. heterophylla* ist aber auch ein wertvoller Nutzbaum, der über sechzig Meter hoch werden kann. Hemlocktannen sind an ihren abgeflachten Nadeln erkennbar. Die eiförmigen Zapfen sind klein, aber zahlreich; sie bilden sich aus knospenähnlichen, am Triebende stehenden Blüten und sind zuerst grün, dann lilafarbig und in reifem Zustand braun.

## DIE MERKMALE VON KONIFEREN

Das ausgeprägteste Merkmal ist das Blattwerk, das bei den meisten Nadelbäumen aus schmalen, nadelförmigen Blättern besteht; bis auf Lärchen und wenige andere laubwerfende Koniferen behalten die Nadelbäume ihre Blätter mehrere Jahre. Die Nadeln wachsen entweder an normalen Trieben, wie bei Eibe, Fichte und Douglasie, oder an besonderen Kurztrieben, die jeweils eine bestimmte Anzahl Nadeln tragen. Bei den Kiefern variiert die Anzahl von Nadeln je nach Art, während Zeder und Lärche eine Vielzahl büschelförmig angeordneter Nadeln haben. Bei diesen beiden Gattungen wachsen die Nadeln jedoch nicht ausschließlich an Kurztrieben: Während des ersten Wachstumsjahres treiben sie auch an normalen Zweigen, mit denen sie oft am unteren Ende verschmolzen sind. Nach dem Abfallen hinterlassen sie kurze Stummel, so daß die Zweigoberflächen sehr rauh sind. Thujen und Zypressen haben andere Merkmale: Ihre winzigen Blätter sind fast vollständig mit dem Zweig verschmolzen und sehen schuppenförmig flach aus. Sieben der bekanntesten Nadelbaumarten sind hier abgebildet.

Unten Ihrer einfachen Form wegen sind Koniferen ideale Nutzholzbäume: Gerade Stämme und regelmäßiger Astwuchs ergeben einen fast geometrischen Habitus.

Die Lärchen sind ebenfalls ein wichtiger Bestandteil des Koniferenwaldes. Sibirische und Dahurische Lärche, *Larix sibirica* und *L. dahurica*, kommen in Asien bis zur Baumgrenze vor, während in der Region Alaska/Kanada die Ostamerikanische oder Tamaraklärche breite, an die Baumgrenze anstoßende Gürtel bildet. Im Felsen- und im Kaskadengebirge überragt die größte aller Lärchen, die Westamerikanische Lärche, *L. occidentalis*, zum Teil die Tannen und Fichten, und in den Alpenwäldern Europas gesellt sich die Europäische Lärche, *L. europaea*, den Arven zu.

Zu den weiteren Nadelbäumen, die als Holzlieferanten bedeutsam sind, gehören der Küsten-Mammutbaum, *Sequoia sempervirens*, der Mammutbaum aus der Sierra Nevada, *Sequoiadendron giganteum*, die nadelwerfende Virginische Sumpfyzypresse, *Taxodium distichum*, und die drei echten Zedernarten. Die Libanonzeder, *Cedrus libani*, findet sich im Libanon nur noch selten, dafür aber häufig im Taurus-Gebirge; die Atlaszeder, *C. atlantica*, ist in den Bergen Nordafrikas heimisch, und die Deodara-zeder, *C. deodara*, stammt aus dem Himalaja.





# Der nordische Winter

Der Winter in der Nadelwaldzone des hohen Nordens ist lang und rau; der Schnee bleibt oft sechs Monate liegen, die Bäume werden von eisigen Winden geschüttelt, und die Temperatur liegt bei vierzig Grad unter Null. Doch durch den Schutz, den er spendet, mildert der Wald die schlimmste Unbill, die der Tierwelt widerfährt, und die dicke Schneedecke schirmt das Leben, das sie unter sich birgt, vor der bitteren Kälte ab. Dennoch ist der Winter für die Tiere sehr hart, und viele von ihnen wandern südwärts, in den Wald der gemäßigten Zonen.

Die Nahrung ist knapp, so daß die Tiere, die im Nadelwald überwintern, den Konkurrenzkampf vermeiden, um überleben zu können. Auerhühner und Moorschneehuhn fressen Koniferennadeln, Biber die Rinde gestürzter Bäume; die Elche nähren sich von Unterholz, der Karibu von Moos und Flechten. Unter den Arten herrscht kein Wettbewerb. Lemminge und andere Wühlmäuse ziehen sich unter den Schnee in ihre Baue zurück, in die nur das Hermelin auf der Jagd nach Beute eindringt, und leben vorwiegend von Binsknospen und anderer Pflanzennahrung. Die Spitzmäuse indes, die sich den Lemmingen zugesellen, ernähren sich von Larven, Puppen und Würmern.

Über dem Erdboden versammeln sich die Wölfe zu Rudeln, die den Erfolg bei der Hetzjagd auf Hirsche sicherstellen. Luchse und Vielfraß greifen mit einem Sprung aus den Bäumen arglose Hasen und Vögel an, und die Füchse als Bodentiere sind darauf angewiesen, Lemminge aus dem Schnee auszugraben oder den Schneehasen nachzujagen. Die Eichhörnchen als Baumbewohner legen im Herbst reiche Vorräte an Nüssen und Früchten an, die sie beim Erwachen aus ihrer winterschlafähnlichen Ruhe verzehren, während der Chipmunk, ein Backenhörnchen, die Nahrungskonkurrenz noch geschickter umgeht: Er frißt sich Fett an, wenn Futter in Fülle vorhanden ist, und versinkt dann in einen sechs bis acht Monate währenden Tiefschlaf, aus dem er erwacht, sobald frische Nahrung vorhanden ist. Und die Bären, von keiner anderen Kreatur als dem Menschen behelligt, tauchen gelegentlich aus ihren warmen Höhlen auf, um mit ihren scharfen Krallen Wurzeln, Moos und Ameisen aus dem Schnee zu scharren.

Für die Vögel ist diese Jahreszeit besonders hart, obwohl sie beweglicher sind als andere Lebewesen, und nur die bestangepaßten überleben den Winter im Nadelwald. Abgesehen von den Arten, die Tannennadeln fressen, beleben ihn winters die Kreuzschnäbel, deren Schnabelspitze eigens dafür geschaffen ist, die Samen aus den Zapfen zu picken, und Tannen- oder Nußhäher, die mit ihren kräftigen Schnäbeln die Zapfen in Stücke hacken. Die scharfäugigen Adler und

Unten Die einzigen sichtbaren Tiere dieser winterlichen Szene aus dem Yellowstone National Park sind Hirsche und Gänse. Doch unter dem Schnee und in den warmen Winkeln und Spalten der Bäume überdauern ganze Scharen anderer Lebewesen die Kälte.



Oben Den Wolf fürchten die Waldtiere vielleicht noch mehr als die Luchse. Als Lauftier legt er täglich große Strecken zurück; seine Beute – meist das

schwächste Mitglied einer Hirsch- oder Karibuberde – wird gehezt und eingekreist. Im Winter wandert er tiefer in den Wald und jagt stets in Rudeln.



Oben Der Luchs aus der Familie der Katzenartigen Raubtiere, Felidae, ist bei der Jagd Einzelgänger; sein Hauptbeutetier ist der Schneehase. Die Größe der

Schneehasenpopulation steigt und fällt in Zehnjahresrhythmen, was sich direkt auf die Anzahl der Luchse auswirkt, die im Wald überleben.





Falken, denen nicht die leiseste Regung entgeht, packen jedes kleinere Tier, das beim Aufspüren von Futter während der allzu kurzen Tage einen Moment unachtsam ist, und die Eule überrascht mit lautlosem Flügelschlag alle Walddtiere, die ihre Nahrungssuche in die Nacht hinein fortsetzen.

Die Vermeidung der Nahrungskonkurrenz gewährleistet aber nicht, daß die Tiere den Winter überleben; sie müssen dafür auch körperlich besonders gerüstet sein. Manche von ihnen, wie Füchse, Hasen und Hermelin, entwickeln nicht nur ein dickeres Fell, ihr Pelz nimmt als zusätzliche Tarnung auch die Farbe des Schnees an. Die Hasen bilden dickeres Fell an den Pfoten aus, um im Schnee besser fliehen zu können. Die Luchsjungen behalten ihre Milchzähne oft neun Monate lang und bleiben in ihrem ersten Winter in der Familiengruppe.

Die Bären, die sich im Frühsommer paaren, wenn genug Futter vorhanden und ihre Körperverfassung gut ist, haben besonders lange Tragzeiten. Die Eizellen entwickeln sich nicht sofort zu Keimlingen; sie machen nach einer frühen Phase der Differenzierung eine mehrmonatige Keimruhe durch, ehe sie sich in die Gebärmutterschleimhaut einnisten und normal entfalten. Diese «verzögerte Implantation» garantiert, daß die Jungen im Spätwinter in der warmen Höhle geboren werden und bereit sind, sie im Frühjahr zu verlassen.

Im scheinbar leblosen Winterwald ist die Natur rege am Werk, um einem riesigen Gebiet der Erdoberfläche eine Standpopulation von Tierarten zu erhalten, die sich dank einer beachtlichen Reihe von Spezialisierungen gegen mißliche Bedingungen durchzusetzen vermag.

## ÜBERLEBEN IM WINTER

Das Überleben im nordischen Winter ist für Mensch, Tier und Pflanze gleichermaßen ein Kampf. Nur Tiere, die spezielle Anpassungen ausgebildet haben, können die langen Perioden eisiger Kälte und harter Bedingungen überdauern. Einige dieser Spezialisierungen sind unten gezeigt.

Fichtenkreuzschnabel



Tanne

Kiefernkreuzschnabel



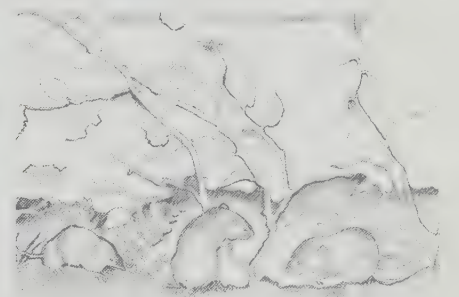
Kiefer

Bindenkreuzschnabel



Fichte

Die drei Arten des Kreuzschnabels haben einen gekreuzten Schnabel, mit dem sie die Deckschuppen der Zapfen ausbrechen, die Schuppen abspreizen und die Samen herausholen.



Spitzmäuse, Wühlmäuse und Lemminge halten sich in ihren Gängen zwischen Boden und Schnee warm und aktiv. Sie leben von Larven, Binsenknospen und anderer Pflanzennahrung.



Das Sommerkleid der Schneehasenart *Lepus americanus* ist rotbraun (oben); mit fallender Temperatur und abnehmender Tageslänge geht es — zur Tarnung — allmählich in Weiß über.



*Lepus americanus* im Winter. Auf der Unterseite seiner breiten Pfoten wachsen Haftpolster, die ihm erlauben, sein Gewicht auf dem Pulverschnee besser zu verteilen.



# Der Sommer

Unten *Kanada-Gänse* gesellen sich den Scharen von Zugvögeln zu, die von ihrem Winterquartier zum borealen Nadelwald fliegen. Die Gänse kehren jedes Jahr zu den gleichen morastigen Brutplätzen zurück.

Unten *In der sommerlichen Feuchtigkeit vermehren sich die Stechmücken schnell. Sie legen ihre Eier in stehendem Wasser ab, wo sie im Winter liegenbleiben, bis die Larven vom Tauwetter befreit werden.*

Unten *Mitte Die Raupen der Kiefertriebwickler vollenden in der kurzen Sommerszeit rasch ihren Lebenszyklus. Für insektenfressende Tiere sind sie zwar ein Segen, für den Förster aber lästiges Ungeziefer.*



Der boreale Nadelwald, der die Erde in den höheren nördlichen Breiten umspannt, ist eines der ungestörtesten Wildtierhabitate der Welt. Die unwirtliche Abgeschlossenheit dieser Region, verknüpft mit einem Sommer, der zwar kurz, aber fast ohne Dunkelheit ist, zieht riesige Vogelscharen an. Viele der Vögel fliegen Tausende von Meilen nordwärts, um im Schutz der Einsamkeit und bei vollen Futterkrippen zu brüten und die geschlüpften Jungen aufzuziehen. Da es keine nächtliche Dunkelheit gibt, kann sich die Photosynthese ununterbrochen vollziehen, so daß sich Bäume und Pflanzen rasch und ungehindert entfalten, Insekten in ungeheurer Vielzahl ihre Puppen abwerfen und alle anderen Geschöpfe sich vermehren, jedes von ihnen das nächsthöhere Glied in der sich verlängernden Nahrungskette am Leben haltend.

Beim Längerwerden der Tage schwellen die Baumknospen an und werfen ihre braunen, papierenen Schuppen auf den Boden und die letzten Reste Schnee. In den Lichtungen schimmert golden der Blütenstaub auf den pelzigen Weidenknospen. Die Birken entfalten ihre Blätter und entlassen hängende Kätzchen, und die Triebe der Blütenpflanzen durchstoßen den rasch tauenden Boden; der Silberwurz öffnet an trockenen Stellen seine acht weißen Blütenblätter, während Enziane, Knabekraut und Steinbrech blaue und rosafarbene Töne beisteuern.



Unten Im Sommer zieht der Habicht aus den gemäßigten Regionen der Nordhalbkugel zum nördlichen Nadelwaldgürtel, um das überreiche Nahrungsangebot zu nutzen. Hier baut er seinen Horst und stillt den gierigen Hunger seiner Braut mit den Kleinvögeln und -sängern, auf die er als oberstes Glied in der Nahrungskette des Waldes kühne Überraschungsnägriffe ausführt. Ehe er wieder südwärts zieht, sind seine Jungen flügge.



Die im Wald heimischen Tiere, die den Winter im Schlaf oder durch zielstrebige Jagd überdauerten, folgen einem neuen, mächtigen Lebensdrang, von der an Kraft zunehmenden Sonne und reichlicher Nahrung gestärkt. Birkhühner, Auerhähne, Kreuzschnäbel, Tannenhäher, Eulen und Falken nehmen den Nestbau in Angriff. Die Murmeltiere erwachen aus ihrem acht Monate währenden Winterschlaf und stöbern fieberhaft nach Futter, um ihre geschwundenen Fettreserven vor der Paarung zu ersetzen. Die Spitzmäuse, die sich winters unter dem Schnee vor der bittersten Kälte schützten, kommen ans Tageslicht, um sich zu vermehren – eine willkommene Beute größerer Tiere. Bären, durch die Geburt ihrer Jungen aus dem Tiefschlaf geweckt, verlassen ihre Höhlen und tappen auf der Suche nach Nahrung durch das Revier. Und den Luchsen wird durch die Zunahme ihres Hauptbeutetiers, des Schneehasen, die elterliche Pflicht der Nahrungsbeschaffung erleichtert.

Doch kein Waldgeschöpf vermehrt sich so üppig wie die Insekten, die zwei bis drei Phasen in ihren Lebenszyklus durchlaufen. Die Eier und Puppen, die, in Rindenspalten oder im Blattabfall unter dem Schnee verborgen, überwintert haben, entwickeln sich oder platzen. Raupen scharen sich auf ihren bevorzugten Futterpflanzen; die allerersten Schmetterlinge stellen sich ein und beleben

die sich rasch wandelnde Szenerie mit ihrer Farbenpracht. Wolken summender Mückenschwärme stehen in der Luft; Ameisen tragen emsig tote Baumnadeln zu Hügeln zusammen, um ihre Königin und deren zahlreichen Nachwuchs zu beherbergen. Während sich die einzelnen Phasen im Lebenskreislauf ablösen, füllen Myriaden kriechender, krabbelnder, hüpfender und fliegender Insekten den Wald und die klaffenden Schnäbel von Vogeljungten.

Scharen von Bluthänflingen, Bergfinken und anderen Finkenvögeln, die im Herbst in wärmere Länder zogen, schwärmen nach Norden aus, um ihre Brut mit dem reichen Futterangebot an Insekten großzuziehen. Wacholder-, Rot- und andere Drosseln kehren aus sonnigeren Breiten zum Ort ihres Ausschlüpfens zurück und begründen eine neue Generation. Nicht-heimische Eulen und Falken erscheinen und stellen den sich mehrenden Jungtieren nach, und Schwärme zwergenhafter Grasmücken breiten sich, laut ihr Lied trillernd, im Wald aus. Und die Rufe und Schreie, die hoch in den Lüften erklingen, tun kund, daß Wildgänse und Schwäne in großen Schwärmen der Tundra zustreben, wo sie ein sicherer Brutplatz erwartet.

Dieser reiche Zustrom von Vögeln aller Art ist das vielleicht spektakulärste Ereignis im kurzen Sommer des nördlichen Nadelwalds.

In den Gebirgswäldern, wo der Tag gleich lang ist wie im Flachland und oft viel kürzer als in den nördlichen Breiten, verläuft der Wechsel vom Winter zum Sommer weit weniger dramatisch. Manche Vögel, die den Winter in den tieferen Lagen der Berge verbrachten, fliegen beim Eintreffen der Zugvögel und der Futterverknappung höher ins Gebirge hinauf, und die Räuber, die sich von den Standvögeln nähren, ziehen mit ihnen. Das Rotwild verläßt sein Winterquartier im Tal, um sich auf den Höhen frische Asung zu suchen, und Luchse und Raubkatzen folgen ihm. Ein Grund für den weniger stark ausgeprägten Wechsel der Jahreszeiten ist die begrenzte Vermehrung der Insekten. Als Folge tiefer Temperaturen, langsamen Zerfalls der Waldbodendecke und der Flachheit des Geländes wird der Boden im Norden feucht gehalten und ist den ganzen Sommer für die Vermehrung von Insekten ideal. In den Gebirgswäldern hingegen, wo der Wasserabfluß gut und die Temperatur hoch ist, herrschen meist trockene, für Insekten ungeeignete Temperaturen vor, und die insektenfressenden Vögel müssen sich mit den wenigen Käfern, Raupen und Faltern begnügen, die auf Nadelbäumen und den ihnen benachbarten Büschen und Gräsern leben.



# Die Taiga

Der Waldgürtel, der zirkumpolar südlich an die Arktis anschließt, erstreckt sich fast ohne Unterbrechung über die gesamte Breite des eurasischen und des amerikanischen Kontinents. Die Taiga ist eines der umfangreichsten Waldgebiete der Erde und umfaßt den größten Wald überhaupt, den Sibirischen Wald, der eine größere Fläche einnimmt als alle Staaten der USA zusammengekommen.

Die Taiga als Ganzes wird von Fichte, Kiefer und Lärche beherrscht; eurasisches und amerikanisches Waldareal setzen sich zwar aus denselben Gattungen, aber aus unterschiedlichen Arten zusammen. Die Abweichungen in der Baumzusammensetzung sind hauptsächlich auf unterschiedliche Böden zurückzuführen; die Kiefern ziehen im allgemeinen eher leichten, sandigen, die Fichten eher schweren Boden vor.

Innerhalb dieser vorwiegend von Koniferen geprägten Wälder werden größere wie kleinere, von Bränden, Sturm und dem Menschen geschlagene Kahlstellen anfänglich von Laubhölzern wie Weiden, Birken, Aspen und Erlen wiederbesiedelt. Diese eingesprengten Laubbestände sind eine wichtige Nahrungsquelle für Vögel, Insekten und andere Tiere.

Die Klimabedingungen in den Wäldern der Taiga sind rau, und die Vegetationszeit dauert kaum länger als drei Monate. Die durchschnittliche Jahrestemperatur schwankt zwischen zwei und sechs Grad Celsius, kann aber Extremwerte bis fünfzig Grad über und fünfzig Grad unter Null erreichen; die Niederschlagsmenge, die sich regelmäßig über das Jahr verteilt, beträgt lediglich zwanzig bis fünfundzwanzig Zentimeter. Bei diesen Verhältnissen, verbunden mit einer kurzen Wachstumszeit, gerät die Entwicklung der Bäume stark in Verzug. An den Nordrändern, die an die arktische Tundra angrenzen, sind die Gehölze verküppelt und auch im hohen Alter noch klein. Manche sibirischen Lärchen und Fichten haben die beträchtliche Anzahl von sechzig Jahresringen mit je 2,5 Zentimetern Stammwachstum. Am Südrand der Waldzone, der in die gemäßigten Wälder übergeht, wachsen die Bäume weit mehr.

An den Felsen der Taiga-Moore und an den Waldbäumen selbst breiten sich üppig Bärlappe und Flechten aus, während unter den Bäumen in einem Bett saurer Streu eine Vielfalt von Heidekräutern gedeiht, so Heidelbeere, Bärentraube und Krähenbeere, zusammen mit einer Menge anderer Arten, die allesamt Beeren erzeugen. Diese Flora dient den Tieren, die im Hochsommer in großer Zahl aus dem Süden herbeiströmen, als Nahrung.

Menschliche Behausungen sind in der Taiga selten; es gibt ein paar weitverstreute Handelsposten und in Sibirien, an der Transsibirischen Eisenbahn, kleinere Städte. Diese



Oben Der Weißkopf-Seedler wird immer seltener. Obwohl geschützt, kommt er heute nur noch in Alaska häufig vor.

Unten Die Spurbereule geht nachts auf die Jagd. Sie ist kräftig genug, Rehkitzte, Füchse und Auerhühner zu schlagen.



Bahnlinie, die nördlich des Baikalsees um ein noch unvollendetes Teilstück von fast 5000 Kilometern Länge erweitert wird, erschließt die Taiga für Bergbau und Holzausbeutung. Daneben sind zahlreiche Waldtiere der Region, wie Eichhörnchen, Fuchs und Zobel, von Bedeutung für den Pelzhandel.

Während die menschliche Bevölkerung in der Taiga anwächst, bleibt die Zahl der heimischen Vögel und Tiere weiter beschränkt; diese sind an besonders harte Bedingungen angepaßt, da Flechten und Moose eine karge Nahrung abgeben. In den nördlichen Waldteilen Kanadas und Alaskas sind Herden von Moschusochsen und nordamerikanischen Rentieren, den Karibus, anzutreffen, während weiter im Süden Elchfamilien an sumpfigen Stellen äsen. In Eurasien nehmen die gleichen ökologischen Nischen ebenfalls Elch und Rentier ein, und sämtliche Areale sind vom Vielfraß besiedelt, der die Wälder mit seinem schneeabstoßenden Winterpelz

Unten Im Norden wird die Taiga von Arten der Fichte beherrscht, die, einen lockeren, parkähnlichen Wald bilden, den häufig mit Torf gefüllte, von Gletschern ausgewaschene Vertiefungen unterbrechen.

Rechts Biber beginnen sich auch in Eurasien wieder zu vermehren, nachdem sie beinahe ausgerottet waren. Sie bauen sich in Seen und Wasserläufen kunstvolle «Wasserburgen» mit Wohn- und Vorratskammern, die durch



als gefährlicher Räuber und gieriger Aasfresser durchstreift. Das größte Tier unter den Fleischfressern der Polargegend ist der räuberische Luchs, der, ebenso wie der Eisfuchs, den rötlichen Sommerpelz gegen ein weißes Winterkleid vertauscht.

Viele der heimischen Vögel sind Arten, die sich von Zapfensamen ernähren. Tannenhäher kommen besonders häufig in den sibirischen «Zedern»-Arealen vor; Kreuzschnäbel und Hakengimpel sowie Vertreter der Rauhußhühner tun sich an den Beeren der Erikas gütlich. Diesen Tieren ebenso wie den Lemmings, die periodisch in Massen auftreten, stellen tagsüber die Falken und nachts die Uhus nach. Und im Sommer, bei immerwährendem Tageslicht, ziehen Vögel in Scharen in die einsame Taiga, wo Schwärme von Insekten reichlich Nahrung bieten. Grasmücken, Stelzvögel, Enten und Gänse erfüllen den Wald für kurze Zeit mit Leben, ehe sie wieder in den Süden fliegen.



Gänge unter dem Wasserspiegel erreichbar sind. Damit diese Anlagen stets von Wasser umgeben sind, errichten die Biber Staudämme, die Überschwemmungen verursachen und auch das Gesicht der Taiga verändern.



Unten Vor ihrem Winterschlaf fressen die Braunbären im Herbst die zahlreichen Beeren im Unterholz der Taiga. Sie halten ihre Winterruhe in großen hohlen Baumstämmen oder unter den Wurzeln umgestürzter Bäume.



### DER BAIKALSEE

Dieser See, inmitten walddreicher Gebirge der sibirischen Taiga gelegen, ist der tiefste Süßwasser-Binnensee der Erde. Sein klares, sauerstoffreiches Wasser birgt eine einzigartige Tierwelt, so Fische aus der Familie der *Comephoridae*, deren Junge lebendig geboren werden, und die Baikal-Robben.

Gründling  
*Cottocomephorus  
grewingki*



Omul  
*Coregonus  
migratorius*

Golomyanka  
*Comophorus  
baikalensis*



Baikal-Robbe  
*Phoca sibirica*

### BAUMARTEN DER EURASISCHEN UND AMERIKANISCHEN TAIGA

Eurasische und amerikanische Taiga-Zonen gleichen sich in der Baumzusammensetzung, beherbergen aber verschiedene Arten derselben Baumgattungen. Die Rottanne, *Picea abies*, ist im eurasischen Teil am stärksten vertreten; ihr Hauptareal ist Skandinavien, während

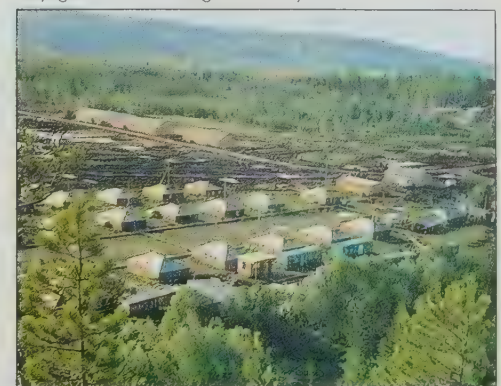
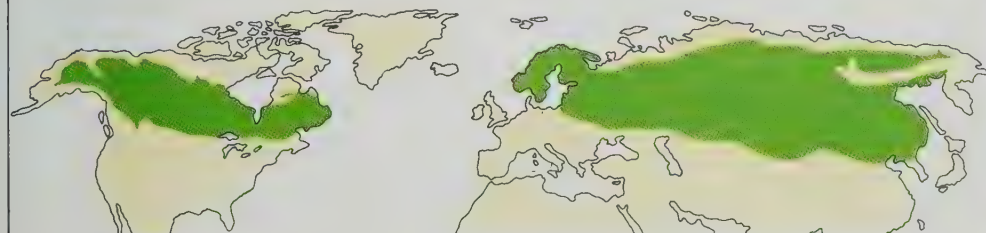
weiter östlich, in Finnland und bis nach Russland, die Gemeine Kiefer, *Pinus silvestris*, in der Mehrzahl ist. An ihre Stelle treten allmählich Sibirische Tanne, *Abies sibirica*, Sibirische und Dahurische Lärche, *Larix sibirica* und *L. gmelini*, und, auf tieferliegendem Boden, die Sibirische Kie-

fer, *Pinus sibirica*, oft Sibirische Zeder genannt. Die Samen dieser Kiefernart werden als Nahrungsmittel geschätzt. Im nord-amerikanischen Abschnitt östlich der Beringstraße, wo eine größere Vielfalt an Arten lebt, ist derselbe Wechsel von Westen nach Osten zu verzeichnen. Drehkiefer,

*Pinus contorta* var. *murrayana*, Felsengebirgstanne, *Abies lasiocarpa*, und Schwarzfichte, *Picea mariana*, werden nach Osten hin von der Tamarak-Lärche, *Larix laricina*, der Weißfichte, *Picea glauca*, der Balsamtanne, *Abies balsamea*, und der Banks-Kiefer, *Pinus banksiana*, verdrängt.

Unten Die Transsibirische Bahn erschließt unberührte Gebiete der Taiga; es gibt bereits Anzeichen, daß das ökologische Gleichgewicht gestört ist. Abgesehen vom übermäßigen Holzeinschlag

bewirkt die Beseitigung von Schichten isolierender Moose, die als Heizmaterial gebraucht werden, daß der Dauerfrost stellenweise schmilzt, was manchenorts zu Hochwasser führt.





# Die Waldgrenze

Unten Im Niemandsland zwischen Tundra und eigentlichem Wald ringen verstreute Bestände von Krüppelbäumen im flachen Erdreich ums Überleben. Ein Sämling erreicht oft in 25 Jahren nur 60 cm Höhe.



Die Nadelhölzer sind zwar gut an tiefe Temperaturen und raue Bedingungen angepaßt, aber es gibt Extreme, die außerhalb ihrer Toleranzgrenze liegen, ob sie nun im hohen Norden oder auf großer Höhe in den Gebirgen wachsen.

Die Anzeichen dafür, daß die Lebenschance von Bäumen abnimmt, sind Wälder, die allmählich verlichten und in höheren Lagen verstreute Baumgruppen bilden. Diese Baumgruppen werden immer seltener und kleiner im Umfang, je weiter nördlich sie wachsen, bis nur noch isolierte Bestände zunehmend verkrüppelter Bäume übrigbleiben. Im Polarbereich kann dieser Gürtel von Krüppelbäumen Hunderte von Meilen breit sein, während er in alpinen Zonen relativ schmal ist. Seine Nordgrenze ist zugleich die Linie, bis zu der Bäume überhaupt gedeihen.

Im hohen Norden sind, ebenso wie im Gebirge, die Ursachen für die Waldgrenze

grundsätzlich die gleichen: kurze, warme-arme Sommer, lange Winter und eine Vegetationszeit, die bestenfalls etwas über drei Monate dauert. In dieser Zeitspanne reifen die Nadeln nicht aus und erreichen nicht die nötige Dicke und Härte, um dem Winter standzuhalten, der im Norden heftige, austrocknende und sehr kalte Winde und in den Bergen gemäßigter Breiten rasche Verdunstung durch starkes, besonders im Frühjahr sehr intensives Sonnenlicht mit sich bringt. Die Nadeln fallen vorzeitig ab, und Kümmerwuchs ist die Folge. Eine Schneedecke vermag Kälteschäden zu lindern; deshalb kommen Baumgruppen jenseits der Waldgrenze an Stellen vor, wo die Beschaffenheit des Geländes eine Anhäufung von Schnee erlaubt.

Die ungünstigen Bedingungen zur Erzeugung von Samen sind, insbesondere im Polarbereich, ein weiterer Grund, warum

Bäume nur bis zu einer bestimmten Grenze wachsen. Selbst Samen, die ausreifen können, wofür zumindest zwei aufeinanderfolgende Sommer mit vorteilhaftem Wetter eine notwendige Voraussetzung sind, werden entweder vom Wind über gefrorenen Schnee gefegt, oder sie keimen und entwickeln sich nicht, weil Moose und Flechten ein ungünstiges Keimmedium sind.

Die Waldgrenze zieht sich über so riesige Strecken hin, daß sich weder die Klimabedingungen entlang dieser Grenze gleichen noch die Grenzlinie selbst konstant auf derselben Breite oder Höhe verläuft. Wo der Einfluß des Meeres spürbar ist, wie zum Beispiel im Nordwesten Kanadas und in Alaska, ist das Gefälle zwischen Sommer- und Wintertemperaturen gering, während in den kontinentalen Gebieten Mittel- und Ostkanadas sowie Sibiriens riesige Unterschiede möglich sind.



Unten Die Alpenschneehühner in ihrem reinweißen Federkleid finden in vereinzelter Gehölzgruppen Unterschlupf. Sie fressen Knospen und Zweige und graben sich zum Schutz in Schneehöhlen ein.

Mitte Bei der Schneeschmelze brechen Karibus und europäische Rentiere zu ihrem Rückzug in die Tundra auf; auf ihrem Weg durch die Randbezirke des Waldes ernähren sie sich von Flechten.

Diese Klimabedingungen haben zur Folge, daß die Waldgrenze in kontinentalen Gebieten stärker nördlich oder auf größerer Höhe verläuft als in ozeanischen und daß sie von unterschiedlichen Baumarten besetzt ist. In Amerika kommt im gesamten Grenzgebiet, der sich von der Beringstraße bis nach Neufundland erstreckt, nur eine einzige Art vor: die Weißfichte, *Picea glauca*. Die Schwarzfichte, *P. mariana*, ist allerdings in einem fast ebenso großen Gebiet vertreten. In den mittleren und östlichen Zonen gedeihen neben den Fichten zunehmend auch Balsamtanne, *Abies balsamea*, Banks-Kiefer, *Pinus banksiana*, und Ostamerikanische Lärche, *Larix laricina*, an der Waldgrenze.

In Westeuropa bilden Gemeine und Sibirische Fichte, *Picea abies* und *P. obovata*, die nördliche Waldgrenze. Sie werden in Zentral- und Osteuropa abgelöst von Sibirischer Tanne, Kiefer und Fichte, *Abies sibirica*, *Pinus sibirica* und *Larix sibirica*; den Platz der letzteren übernimmt in Ostsibirien die Dahurische Lärche, *Larix dahurica*. In den Bergen im Nordwesten Amerikas und in Colorado verläuft die Baumgrenze im allgemeinen auf rund 3 600 Metern und wird von der im Norden vorherrschenden Engelmännfichte, *Picea engelmannii*, beherrscht, während weiter südlich die Felsengebirgstanne, *Abies lasiocarpa*, im Grenzgebiet gedeiht; die vereinzelter Baumgruppen dieser Art, die zuoberst wachsen, stocken auf Felsvorsprüngen, wo der Schnee frühzeitig schmilzt.

Während die Bedingungen in den Gebirgen Amerikas noch völlig natürlich sind, hat sich die obere Waldgrenze in den Alpen durch menschlichen Eingriff verschoben, da dieses Grenzgebiet seit einem Jahrtausend als Weideland genutzt wird. Dadurch wurde die natürliche Regeneration der Bäume verhindert und die Waldgrenze, die normalerweise auf rund 1 950 Metern verlief, um hundert bis 150 Meter herabgesetzt. In den Alpen besteht der Grenzgürtel aus Zirbelkiefer oder Arve, *Pinus cembra*, und Europäischer Lärche, *Larix europaea*.

Im Himalaja sind an der Waldgrenze, wo die Birke *Betula utilis* und Rhododendren überwiegen, einige Nadelhölzer auf rund 4 000 Metern Höhe anzutreffen, darunter die Himalaja-Tanne, *Abies spectabilis*, und der Wacholder, *Juniperus wallichiana*.

In den Gebirgen ist die Entfernung zwischen der Waldgrenze und den tieferen, üppigeren Wäldern so gering, daß im alpinen Bereich weniger spezialisierte Tiere vorkommen als in der Waldgrenzzone des hohen Nordens. Diese Region der Krüppelbäume ist eine wahre Begegnungsstätte: Hier treffen nicht nur Wälder und Tundra zusammen, sondern auch echte Polartiere und Vertreter der Fauna des borealen Waldgürtels.



Oben Die Schnee-Eule ist in der Tundra heimisch; sie frisst vorwiegend Lemmings und Schneehasen. Die Zahl ihrer Beutetiere nimmt in periodischen Abständen ab; in diesen Zeiten schlägt sie ihr Winterquartier in den südlicheren Wäldern auf.

Rechts Fichten und Kiefern klammern sich mit ihren Wurzeln auf 3 000 m Höhe an den flachgründigen Felshängen fest.





# Die Bergwälder

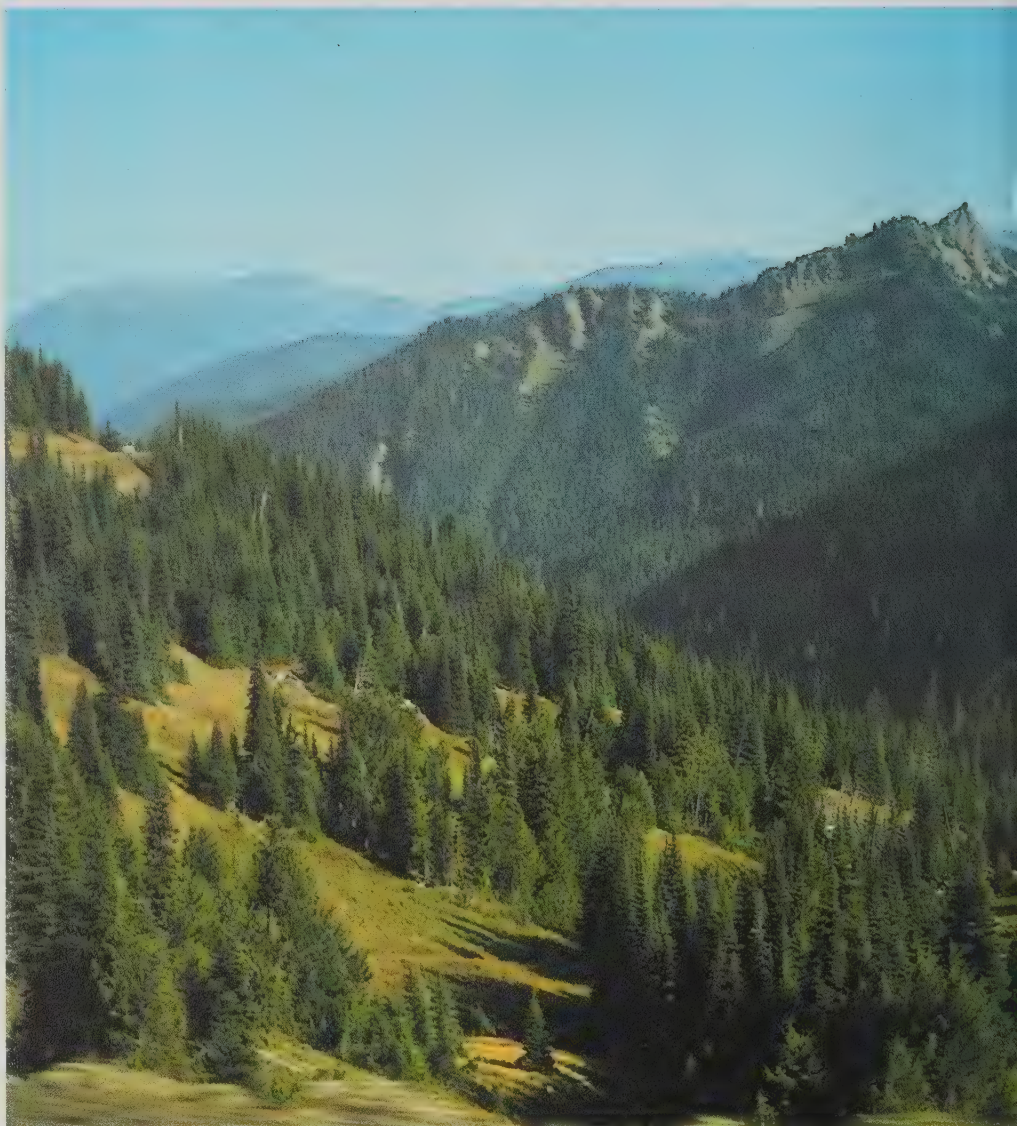
Die Nadelbäume des borealen Waldgürtels im hohen Norden haben viele erfindungsreiche Anpassungen zum Schutz gegen tiefe Temperaturen, Schnee, Wind und Wassermangel entwickelt. In den auf allen großen Gebirgsketten der Welt vertretenen Bergwäldern leisten ihnen der schmale, konische Habitus, die nadelförmigen wachsbefleckten Blätter wie auch die Fähigkeit immergrüner Pflanzen, günstige Bedingungen sofort zu nutzen, wertvolle Dienste.

Durch die Aufgliederung der montanen Wälder in horizontale, relativ schmale Bänder ist es für Tiere viel einfacher, sich zur Suche nach frischer Nahrung auf jahreszeitliche Wanderungen zu begeben. Hirsche ziehen aus ihrem Winterquartier in den Tälern in höhere Regionen hinauf; Gamsen erklettern nach der Schneeschmelze Reviere jenseits der Baumgrenze, und Affen wandern nach der Überwinterung in den Vorgebirgswäldern hinauf in die Berge und halten sich in der Zone auf, wo ihre Futterbäume Blüten und Früchte tragen. Auch Stand- und Wandervögel ziehen von der einen zur nächsthöheren Stufe, sobald ein Angebot an Nahrungsmitteln besteht.

Der montane Wald wird schon seit Jahrhunderten bewohnt. Er schirmt Wiesen und Almen der Bergbevölkerung gegen kalte Winde ab, und er ist für die Dörfer im Tal ein Schutzwall gegen Lawinen. Mit seinen Wurzeln festigt er die Böden der Steilhänge und verhindert so das Abstürzen von Erd- und Felsmassen. Die Folgen der weitverbreiteten Abholzung von Hochwäldern oder ihre allmähliche – heute im Himalaja betriebene – Zerstörung durch Überweiden oder Schlagen von Brennholz können katastrophal sein. Heftige Niederschläge, die in kurzer Zeit fallen – wie die Monsunregen im Himalaja – und den ungeschützten Boden durchdränken, lösen verheerende Bergstürze aus, die ganze Gebirgswände mitreißen; und das Tauwetter in den Alpen kann Schneemassen in Bewegung setzen, die, über Kahlhänge niederraselnd, die Dörfer im Tal unter sich begraben. Ohne den Schutz der Hochwälder würden Überschwemmungen und Bodenabtrag rasch umfangreiche Regionen der Flachlande unbewohnbar machen.

Rocky Mountains, Kaskadengebirge und Sierra Nevada erstrecken sich von Nord nach Süd über fast sechzig Breitengrade. Das Gebiet, das sie einnehmen, ist also besonders weit; entsprechend groß ist auch die Zahl der Baumarten, aus denen sich die Bergwälder Nordamerikas zusammensetzen.

Weiter südlich beherrscht zwar die Douglasfichte im Verein mit mehreren Eichenarten ebenfalls die tieferen Lagen, doch in der Übergangszone wachsen Bäume wie Goldkiefer und Westamerikanische Lärche; in Höhen um 1 800 Meter gesellen sich



der Engelmannsfichte und den subalpinen Tannen Gebirghemlocktanne und Weißborkenkiefer hinzu. Noch weiter im Süden, wo die Regenfälle viel spärlicher sind, werden immergrüne Eichen und Kiefern der Übergangszone auf rund 1 200 Metern durch Weihrauchzeder, Zucker- und Goldkiefer abgelöst, deren Platz um 2 400 Meter Höhe Jeffreykiefer und Prachttanne übernehmen. Zuerst an der Baumgrenze trotzen, auf 3 000 bis 3 600 Metern Höhe, die uralten, knorrigen Grannenkiefern dem Wind (siehe Seiten 72/73). Im tiefsten Süden bilden Arizona-Nußkiefer und der Wacholder *Juniperus monosperma* in den Hügeln der Halbwüste Bewaldung bis auf eine Höhe von 2 100 Metern.

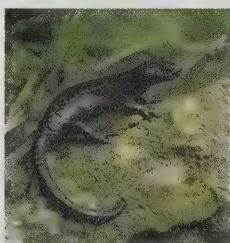
In den Alpen und Karpaten, die von Westen nach Osten verlaufen und kaum vier Breitengrade einnehmen, ist die Artenvielfalt geringer und der höhenbedingte Unter-



Unten Bergwälder sind gegen die unwirtlichste Umgebung abgehärtet. Hier klammern sich zähe Gebirgstannen auf einer Höhe zwischen 1 800 und 2 100 m an die Hänge des Hurrican Ridge (USA).



Unten Der Alpensalamander ist glänzend schwarz; die Farbe hilft ihm, vorhandene Wärme zu absorbieren.



Rechts Gamsen haben Hufe mit einem Luftloch, das wie ein Saugnapf wirkt und es ihnen ermöglicht, fast senkrechte Berg-hänge zu erklettern.

Unten Kräftige Hochwald-bäume schützen die Täler vor den herabstürzenden Schneemassen.

Oben In der Kulu-Region im Himalaja festigen Nadelhölzer mit ihren Wurzeln den Boden, so daß er nicht abrutscht.



Oben Die auffälligen Blüten des Stengellosen Leimkrauts ernähren sich vom Schmelzwasser der Gletscher, das bei der

Ansammlung in Felsritzen nährstoffhaltige Minerale löst und den Pflanzenwurzeln zuführt.



schied zwischen den einzelnen Zonen kaum ablesbar. Über rund 1 200 Meter Höhe sind Laubhölzer nur noch spärlich vertreten; Fichte, Weißtanne und Lärche beherrschen das Feld, und gegen die Waldgrenze um 1 800 Meter nimmt die Zahl der Arven zu.

Die montanen Wälder des Hindukusch und des Himalaja bilden ebenfalls einen von West nach Ost verlaufenden schmalen Gürtel, der kaum mehr als zwei Breitengrade einnimmt und sich auf dem Vorgebirge der gigantischen Kette zwischen ewigem Schnee des Nordens und den Ebenen des Südens hinzieht. Etwa auf derselben Höhe wie in der Sierra Nevada bilden im Himalaja immergrüne Eichen und, im Westen, Himalaja-Tränenkiefern eine Übergangszone, vermindern ihre Zahl allmählich und werden auf rund 1 800 Metern von Deodara-Zedern verdrängt, deren Platz Himalaja-Fichte, Morinda-Fichte und Rhododendren einnehmen.





# Die Nadelhölzer der Südhalbkugel



Obwohl in der südlichen Hemisphäre weit weniger Nadelbaumarten vorkommen als in der nördlichen – es gibt weder Kiefern, Fichten, Tannen noch echte Zedern oder Zypressen –, finden sich überall auf der Südhalbkugel Wälder – oder Waldrelikte –, in denen Koniferen ein wichtiges Element unter den vorherrschenden Bäumen sind. Diese Bäume unterscheiden sich in der Blattform von den Bäumen im Norden und sind, mit wenigen Ausnahmen, wesentlich kleinwüchsiger.

Einer der wichtigsten Nutzbäume Südamerikas ist der Pinheiro, *Araucaria angustifolia*, der im Hügelland der brasilianischen Provinz Parana ausgedehnte, bis nach Argentinien reichende Areale besitzt. Er gedeiht zwischen 600 und 1 200 Metern Höhe, ist in der Jugend schnellwüchsig und erreicht schließlich rund 45 Meter Höhe; sein nackter aufrechter, säulenförmiger Stamm trägt eine Schirmkrone von kandelaberförmigem Umriß, deren Zweige nach aufwärts gebogen sind. Eine weitere, außerhalb ihrer Heimat viel besser bekannte Araukarie ist *A. araucana*, die in den Anden Chiles und Argentiniens auf großer Höhe verstreute Wälder bildet.

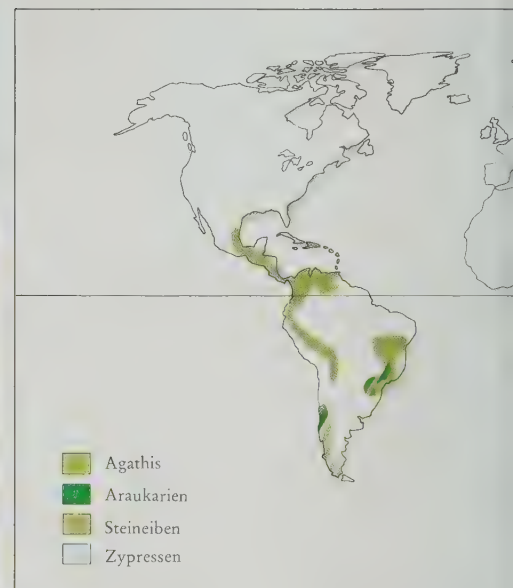
Ebenfalls in den Anden Chiles beheimatet ist *Austrocedrus chilensis*, ein Vetter der nordamerikanischen Weihrauchzeder. Das Areal dieses im Alter über 24 Meter großen Baums ist der schmale Waldgürtel, der sich zwischen den Südbuchenwäldern (diverse Arten von *Nothofagus*) der westlichen Andenhänge und den unfruchtbaren Hochebenen im Osten erstreckt. Dieser Nadelbaum kann sich aber auch in den Buchen-

wäldern behaupten, da er gut an sehr trockene Bedingungen angepaßt ist. In tieferen Lagen entwickelt er einen schönen, geraden Stamm und eine grüne Krone flacher, schuppiger Nadeln, während er in größerer Höhe, auf rund 1 200 Metern, an den steinigten Hängen verkrüppelt.

Zu den Prunkstücken der Koniferen Südamerikas zählt das chilenische Zypressengewächs *Fitzroya cupressoides*, das in den Wäldern der Südanden an Stellen vorkommt, wo die Südbuche nicht gedeiht. An Steilhängen und im Sumpfgelände bildet die *Fitzroya* Reinbestände, die das Kronendach des übrigen Waldes stolz überragen. Diese Zypresse aus den Anden nimmt es an Langlebigkeit mit dem Mammutbaum aus der Sierra auf, und ihr außerhalb Südamerikas wenig bekanntes Holz ist in Struktur und Qualität dem Holz der Küstensequoie (siehe Seiten 72/73) sehr ähnlich.

In Südafrika kommt die Steineibe *Podocarpus falcatus* in den einst großflächigen Wäldern, die heute vom Kap der guten Hoffnung bis nach Zululand und Transvaal isolierte Bestände bilden, in vereinzelt Gruppen vor. Es sind gigantische, bis 54 Meter hohe Bäume mit wuchtigen, von grauer, schuppiger Borke überzogenen Schäften und steifen schmalen, ledrigen Nadeln, die gelblichgrün gefärbt sind. Die ausladenden Kronen der Steineiben, von deren gespreizten Ästen Reben und Kletterpflanzen wie Schleppen zum Boden hängen, überragen die übrigen Wipfel deutlich. Drei weitere, weniger bedeutende Steineiben sind in diesen Wäldern ebenfalls anzutreffen, und in den

Unten Die *Quinteniqua-Steineibe*, *Podocarpus falcatus*, im Tsitsikama-Wald am Südkap Afrikas. Diese früher waldbildenden Steineiben besitzen heute nur noch beschränkte, weitverstreute Areale.



Oben Die Verbreitung der auf der Südhalbkugel vorkommenden Hauptkoniferenfamilien. Die meisten Arten sind auf

Hochebenen und Bergen heimisch und über die verschiedenen Kontinente verstreut.

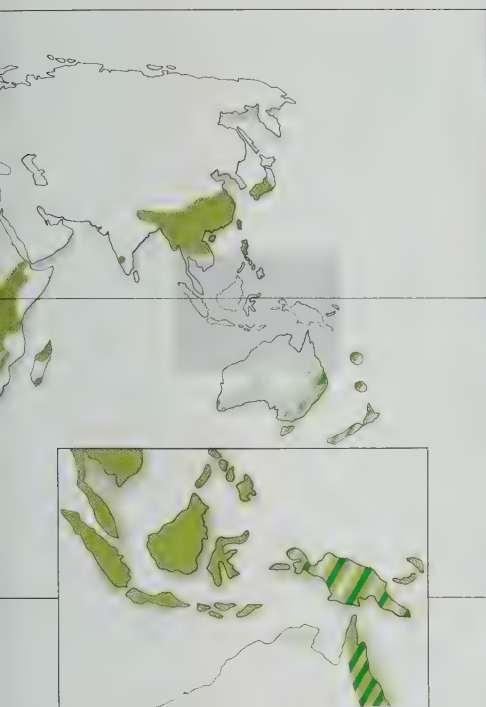
Hochlandregionen gedeihen, breitwüchsig und zerzaust, Arten der zypressenähnlichen *Widdringtonia*, deren prächtigste Exemplare über zwanzig Meter hoch werden; diese Gattung kommt ausschließlich im südlichen und tropischen Afrika vor.

Australien hat, im Vergleich zu seinem Reichtum an Eukalyptus- und anderen Laubhölzern, nur wenige Koniferen hervorgebracht. Dennoch gibt es in den halbtropischen Regenwäldern der Ostküste, wo eine vielfältige, dreihundert Baumarten, Kletterpflanzen und Epiphyten umfassende Vegetation gedeiht, üppige Waldbestände, die sich von den benachbarten Eukalyptuswäldern stark unterscheiden. In den Küstenregenwäldern von Queensland und Neu-Südwalles dominiert die bis 42 Meter hohe Kaurifichte *Agathis robusta*; sie hat eine schwere, stark verzweigte, von einem schönen, sich kaum verjüngenden Schaft getragene Krone und breitet sich inmitten ihrer ebenso stattlichen, aber verstreuteren Nachbarn mächtig aus. Zu diesen gehören zwei Arten der Araukarie: die «Bunya-Bunya», *Araucaria bidwillii*, und *A. cunninghamii* – beides sehr attraktive Bäume, deren Kronen mit den spitzen Nadeln das Mosaik des Walddachs bereichern. Weiter landeinwärts, wo das Klima zunehmend trockener wird, bildet *Callitris hugelii*, ein relativ kleines, bis 18 Meter hohes Zypressengewächs mit dünnem, federartigem Nadelkleid quer über den Kontinent bis nach Westaustralien verstreute Reinbestände, ist aber häufig Bestandteil des Eukalyptus-Mischwalds (siehe Seiten 152/153).



Unten Der stachelig benadelte «Bunya-Bunya», *Araucaria bidwillii*, wächst als einsamer Solitär in den tropischen Regenwäldern der Küsten von Neu-Südwaies und Queensland in Australien.

Unten Der Pinheiro oder Armleuchterbaum, *Araucaria angustifolia*, in einem Waldreservat seiner Heimat in der brasilianischen Provinz Parana. Sein Holz wird weltweit in großen Mengen verarbeitet.



In Tasmanien kommt in den Bergwäldern bis zur Höhe von neunhundert Metern *Athrotaxis selaginoides* vor, ein entfernter Verwandter der kalifornischen Sequoie. Der kurze, gedrungene Schaft dieses Nadelholzes ist oft mehrstämmig gegabelt. Tiefer unten, im kühler temperierten Regenwald, sind die Koniferen in den vorwiegend aus Buchen und Eukalyptus zusammengesetzten Wäldern vertreten durch die Harzeibe «Huon», *Dacrydium franklinii*, mit schuppenartigem Nadelkleid, und die Steineibe *Phyllocladus asplenifolium*, mit abgeflachten, als Laub fungierenden Zweigen.

Die Kaurifichte *Agathis australis* ist der vornehmste unter den Bäumen Neuseelands und zugleich die bekannteste Konifere der Südhalbkugel. Auf der Nordinsel, wo sie heute nur noch in beschränkten Gebieten vorkommt, haben die größten Exemplare mächtige säulenförmige Stämme von 15 Metern Umfang, die oft bis zu 18 Metern Höhe nackt sind und riesige breite, bis 45 Meter hohe Wipfel tragen. Die meisten neuseeländischen Arten sind immergrüne Laubbölzer, aber es gibt auch Koniferen darunter, wie den «Rimu», *Dacrydium cupressinum*, dem sich *Podocarpus totara* und *P. ferrugineus* zugesellen; sie alle umschließen, wie eine grüne Kuppel, den reichen Unterwuchs aus Farnen und Kriechpflanzen. Auch in den immergrünen Laubwäldern der Südinsel wachsen ein paar Koniferen, darunter zwei weitere Steineiben, *P. dacrydioides* und *P. spicatus*.

Ein prachtvoller Nadelbaum ist die Norfolkkanne, *Araucaria heterophylla*, die auf den Norfolkinseln im Pazifik beheimatet ist.



Oben Der «Rimu», *Dacrydium cupressinum*. Die ersten Besiedler Neuseelands schätzten sein Holz als dauerhaften Baustoff, und Kapitän Cook empfahl aus Rimu-Ästen hergestelltes Bier als Mittel gegen Skorbut.



Links Das Zypressengewächs aus Patagonien, *Fitzroya cupressoides*, wurde nach Kapitän Fitzroy benannt, der es zusammen mit Charles Darwin entdeckte.

Oben Die zypressenähnliche Widdringtonia nodiflora, bisweilen über 20 m hoch, wächst an zerklüfteten Berghängen im südlichen und tropischen Afrika.



# Der Regenwald von Olympia

Unten links Die Baumäste im Regenwald von Olympia sind mit moosähnlichen Bärklappen behangen. Der anhaltend feuchte Grund unter den Bäumen ist ein guter Nährboden für Kriechpflanzen, Pilze und Farne.

Unten Aushöhlungen an Uferböschungen sind oft von freiliegenden Baumwurzeln besetzt und eignen sich so vorzüglich als Baue für Otter. Das Bild zeigt ein Paar Kanadischer Otter, *Lutra canadensis*.



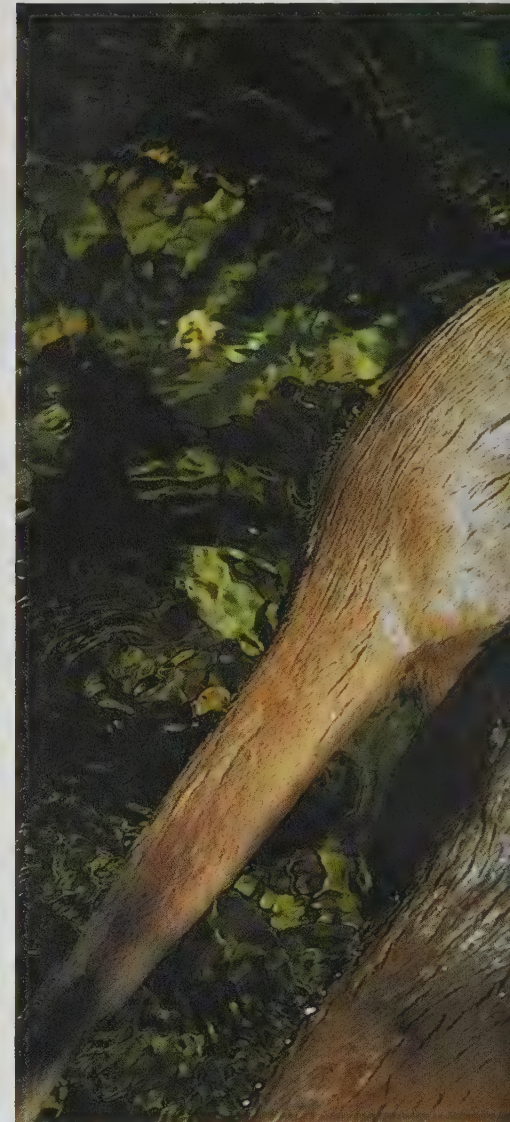
Der Regenwald von Olympia im Staat Washington, im Nordwesten der USA, ist der einzige Regenwald der nördlichen Hemisphäre. Die Bäume in diesem Wald sind gigantisch, und die Vegetation ist von unglaublicher Üppigkeit; die spektakulären Stränge blaßgrünen Moores, die wie Girlanden an den Bäumen hängen, sind sein Wahrzeichen. Setzt man den Fuß in diesen Wald, tritt man in eine lautlose, dunstige Welt ein, wo kein trockener Zweig knackt, kein dürres Laub raschelt und kein Fleckchen Erde von Pflanzen unberührt ist.

Zwischen moosüberzogenen Stümpfen stößt der Aronstab durch Teppiche zierlichen Sauerklees zum Licht vor; die geschmeidigen Stiele der Vanilleblätter neigen sich, und Feuchtigkeit perlt ab; auf Felsbrocken sprießen Büschel von Engelsüß mit langen, feingefiederten Wedeln. Über den Bodenpflanzen erheben sich die Bäume: großblättrige Ahorne, in deren Stammgabeln Farnkraut

wuchert, nachdem sich die Stämme, im Wasser stehend, gespalten haben, und der Weinahorn, der sich kriechend und kletternd ausbreitet und bereithält, bei Herbstbeginn den Wald in Rot zu tauchen. Hier stocken auch die mächtigen Douglas- und Hemlocktannen, Sitka-Fichten und Virginischen Zedern; ihre untersten Äste sind über und über mit Moosen behängt, und ihre Wipfel ragen neunzig Meter hoch in den Himmel.

Hier und dort, wo ein Baumriese gestürzt ist, fallen Lichtpfeile der Mittagssonne, die dampfende Atmosphäre durchschneidend, schräg zwischen den wuchtigen Holzsäulen hindurch auf den Boden. Die Zeit scheint seit Jahrhunderten stillzustehen.

Die Niederschläge sind reichlich: 365 Zentimeter im Jahr. Sie stammen aus wasserträchtigen Wolken, die vom Stillen Ozean heranziehen und vom Olympus-Gebirge in die Höhe gedrängt werden. Die Temperatur liegt im Winter stets über dem Gefrierpunkt



und übersteigt im Sommer wegen der Nähe des Ozeans kaum 29 Grad. In den drei tiefen, durch Glazialerosion entstandenen Tälern, die sich an den Bergwesthängen hinziehen, herrschen Idealbedingungen für das Wachstum der Bäume. Bis zum hohen Alter gibt es nichts, was dieses Wachstum aufhalten könnte: Die große Feuchtigkeit beschränkt Brände auf ein Mindestmaß, und nur heftige Stürme können die Widerstandskraft hoher, dichtgedrängter Bäume brechen. Der Raum unter Bäumen von solcher Höhe ist so weit, daß Licht und Luft hereinströmen können, und doch genügend geschützt, um ein riesiges natürliches Gewächshaus zu bilden.

Die Regeneration des Regenwaldes ist ein unaufhörlicher Prozeß. Wenn nach einem halben Jahrtausend schweigender Wacht ein betagter Baumgigant auf natürliche Weise durch Alter oder Fäulnis zu Fall kommt oder im Sturm zerbricht, reißt er beim Umstürzen ein paar Nachbarn mit und





Links Der Waldboden bietet strikten Vegetariern wie diesem Murmeltier, *Marmota olympus*, eine vollwertige Kost. Die Tiere tragen auch Pflanzenstiele zum Bau ihrer warmen Höhlen zusammen.



Links Der tiefblau gefiederte Stellersche Häher, *Cyanocitta stelleri*, vergräbt als Wintervorrat Baumsamen, insbesondere jene der Douglasfichte. So trägt er zur Wiederverbreitung vieler Baumarten bei.



Links Riesige durchsichtige Baumschnecken wie diese 15 cm große Bananenschnecke, *Ariolimax columbianus*, genießen die Feuchtigkeit des Regenwalds. Moos- und Algenirrlenden bieten ihnen Futter.



Oben Ein großes Gebiet des olympischen Regenwaldes wurde 1909 als Zufluchtsort für den Roosevelt-Elch reserviert. Dieser Elch wurde fast bis zur Ausrottung gejagt, weil man seinen Zähnen Zauberkraft zuschrieb. Er äst im Unterholz und sorgt so dafür, daß der Waldboden nicht zu stark überwuchert.

Rechts Eine besondere Eigentümlichkeit des Regenwaldes von Olympia sind die merkwürdigen Baumkolonnaden. Neue Sämlinge wachsen auf verwesenden Baumstämmen, die von Winterstürmen geworfen wurden.



schlägt eine Lücke in den Wald, durch die Sonnenstrahlen in das dämmerige Grün einzudringen vermögen. Binnen einem oder zwei Jahren haben Moose den gestürzten Schaft überzogen, und die ringsum wachsenden Bäume lassen, aus weit größerer Höhe als die konkurrierende Bodenflora, ihre Samen auf dieses stets feuchte, schwammige Bett fallen. Bald ist der Stamm mit einer Kolonie von Sämlingen bedeckt, deren Wurzeln sich zum Boden hinab tasten. Einige der Sämlinge – die wenigsten allerdings – erreichen ihn und gedeihen; die weitaus meisten aber sterben. Schließlich ist der Stamm von einer Reihe junger Bäume umschlungen, deren Wurzeln sich beiderseits im Erdreich festkrallen. Manche gestürzten Stämme verwesen, lösen sich auf und lassen eine Baumreihe zurück, die dasteht, als hätte sie ein Förster der Vorzeit sorgfältig gepflanzt.

Der Raum zwischen den einen Fingerbreit großen Bärlappen, die am Waldboden

faulende Zweige umhüllen, und dem hochstrebenden Spitzentrieb der höchsten Fichte ist von zahlreichen Tieren besiedelt. Alle diese Lebewesen sind von ihrer Umgebung genauso abhängig wie voneinander: Insekten, Reptilien, Wassertiere, Vögel, Säugetiere. Und doch herrscht Stille im Wald. Das entfernte Hämmern eines Spechts auf der Suche nach Holzbohrinsekten; der schmetternde Gesang eines kleinen braunen Zaunkönigs, der im Schwertfarn Jagd auf Spinnen macht; das monoton musikalische Trillern des finkenähnlichen Junko – diese Laute scheinen Störungen im schweigsamen Wald, der ehrfurchtgebietend ist wie eine Kathedrale. Doch er wimmelt von Leben, obwohl es sich lautlos und verborgen vollzieht. Der große Roosevelt-Elch und der Schwarzwedelhirsch finden Schutz und Winterfutter in Fülle, die Pumas einen abgeschiedenen Ort für ihr Lager, die Baribals und Otter reichlich Fischnahrung in den Waldflüssen; und eine Viel-

zahl kleinerer Tiere lebt, jedes nach seinen Bedürfnissen, in vollkommener Harmonie.

Die phantastische Szenerie schlägt den Besucher in Bann, und er ist überwältigt von der Größe und Anzahl der Bäume. Die wuchtigen Stämme alter Exemplare, manchmal nur einen Meter voneinander entfernt, sind bis zur Höhe von fünfzig Metern völlig astlos, verjüngen sich kaum und haben drei Meter Durchmesser. Die Bäume sind so hoch, daß man sich unmöglich weit genug zurückbeugen kann, um sie zu betrachten: Sie sind nur an der Borke erkennbar.

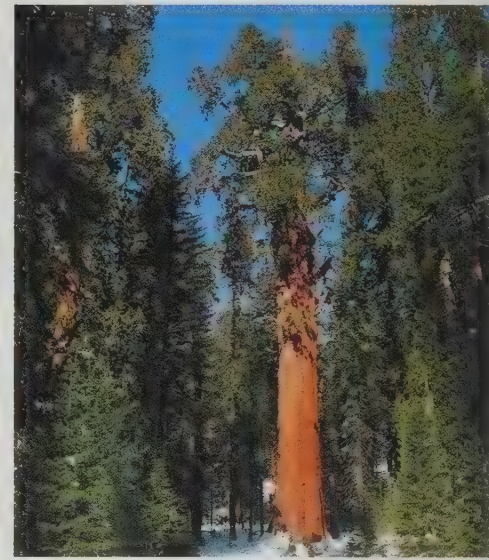
Doch gerade diese erstaunliche Wuchskraft des Holzes hatte auch die schlimmste Bedrohung für den Wald zur Folge. Um seine faszinierende Gemeinschaft von Baumgiganten und der reichen Flora und Fauna, die unter dem Obdach der Bäume lebt, vor Ausbeutung zu schützen, wurde im Jahre 1938 der Nationalpark von Olympia geschaffen.



# Die größten und die ältesten Bäume

Unten links Ein dichtes Gehölz von Küstensequoien, *Sequoia sempervirens*, den höchsten Bäume der Welt. Beide Arten sind nach dem Cherokeeeshäuptling Sequoyah benannt.

Unten Der Größenrekordhalter unter den Bäumen – der «General-Sherman-Baum», *Sequoiadendron giganteum*. Seine Höhe beträgt 81,6 m, der Stammdurchmesser an der Basis 11 m.



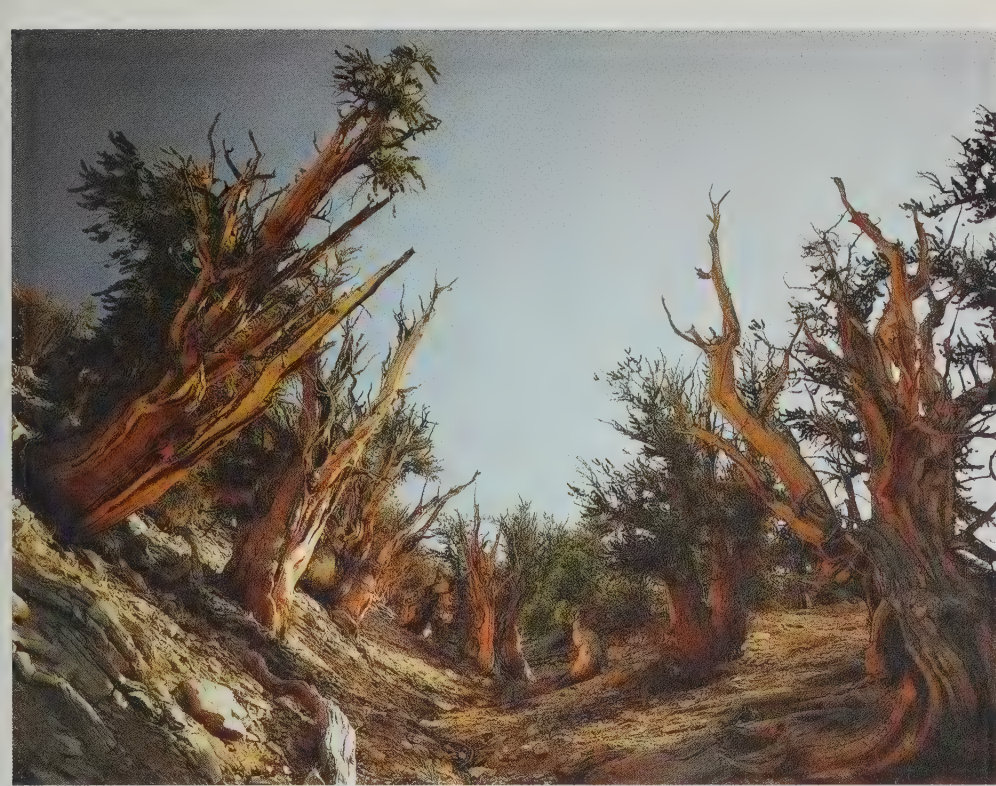
Schon seit frühester Zeit waren die Menschen zutiefst beeindruckt von den turmhoch aufragenden Stämmen mancher Bäume, von der mächtigen Größe, zu der sie heranwachsen, und dem hohen Alter, das sie erreichen.

Bestimmte Baumgattungen, vorwiegend Nadelhölzer, streben unaufhaltsam in die Höhe. Andere spreizen ihre Äste, gestützt von massiven Stämmen, nach allen Seiten. Wieder andere Gattungen, die ihre Fähigkeit, sich weiter zu entwickeln und auszubreiten, eingebüßt haben, sind allmählich in schrumpfenden, einst großflächigen Arealen gealtert. Diese Bäume sind ungeheuer alt.

Die höchsten Bäume der Welt sind die Küsten-Mammutbäume, *Sequoia sempervirens*, auch Rotholz genannt. Diese Art besitzt ein begrenztes Areal auf dem rund 48 Kilometer breiten, nebelreichen Küstenstreifen, der sich von Oregon bis nach Monterey in Kalifornien erstreckt. Ihre volle Größe erreichen die Küstensequoien in den Schwemmlandböden der Flußmündungen am Fuß der Küstengebirge. Viele der alten Bäume sind höher als neunzig Meter und haben den erstaunlichen Umfang von zwölf Metern. Die Küstensequoie wird deshalb so groß, weil sie den fruchtbaren Schlamm zu nutzen vermag, den die jährlichen Hochwasser um ihren Stamm ablagern: Sie bildet auf der jeweils erforderlichen Höhe ein neues Wurzelwerk aus.

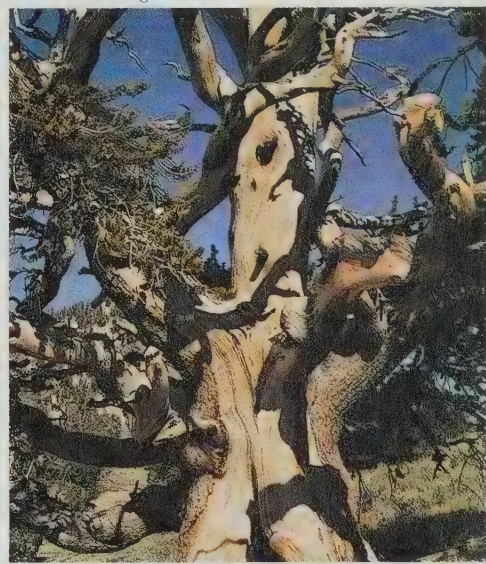
Im «Hain der großen Bäume» östlich der Stadt Orick in Nordkalifornien, wächst der höchste Baum der Welt. Sein mächtiger rotfarbener, sich verjüngender Stamm hat die phänomenale Höhe von 110 Metern, ist über 13 Meter dick und schätzungsweise sechshundert Jahre alt, ein im Vergleich zu manchen Rotholz-Veteranen geradezu junges Alter. Das durch Jahresringzählung bisher erwiesenermaßen älteste Rotholz wurde im hohen Alter von 2 000 Jahren gefällt.





Links Eine Allee von Grannenkiefern ist in Kalifornien erhalten geblieben. Diese alten Bäume kommen auf Höhen von rund 2 800 m vor. Die älteste bekannte Kiefer dieser Art, wächst in diesem steinigem Tal.

Unten Im Areal der Grannenkiefer, *Pinus aristata*, fällt abgestorbenes Holz nicht ab. Jeder Baum hat bestimmte lebende, sehr langsamwüchsige Teile und andere, die auch tot sehr eindrucksvoll sind.



Östlich des Rotholz-Reiches wachsen, wiederum in einem schmalen, rund vierhundert Kilometer langen Streifen am Westhang der Sierra Nevada, auf 1 800 bis 2 400 Metern Höhe die eigentlichen Mammutbäume, *Sequoiadendron giganteum*, in vereinzelter Gruppen; sie sind die mächtigsten Bäume der Welt, was das reine Holzvolumen betrifft. Ihre kolossalen Stämme, am Fuß von ausladendem Wurzelwerk gestützt, haben oft einen Umfang von mehr als dreißig Metern und sind an die neunzig Meter hoch. Jeder dieser rötlichen Säulenschäfte liefert 1 350 Festmeter Holz, und ein ganzer Baum kann über tausend Tonnen wiegen. Der «General Sherman-Baum», der seinen Namen einem General aus dem amerikanischen Bürgerkrieg verdankt, hat 1,5 Meter über dem Erdboden dreißig Meter Stammumfang und ist 81,5 Meter hoch; der «McKinley-Baum», nach dem amerikanischen Präsidenten gleichen Namens benannt, mißt 87,5 Meter Höhe. Durch Ringzählungen bei gefällteten Mammutbäumen wurden Lebensalter bis zu 3 200 Jahren nachgewiesen, aber manche der größten noch lebenden Exemplare dürften an die viertausend Jahre alt sein.

Sind die Küstensequoien mit der Fähigkeit ausgestattet, neue Wurzelsysteme zu bilden, so ist die Langlebigkeit der Mammutbäume durch eine ebenso beachtliche Fähigkeit gesichert: Sie panzern sich mit einer bis sechzig Zentimeter dicken, feuerfesten Borke, die alle lebenswichtigen Teile des Baums zuverlässig vor Brandschäden schützt.

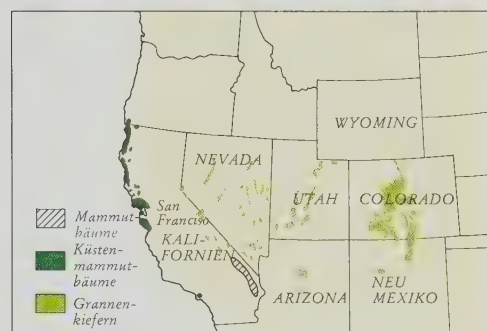
Den Altersrekord haben mit größter Wahrscheinlichkeit die Grannenkiefern inne, die vereinzelt auf den ödesten Bergkämmen der Rocky Mountains wachsen. Nachdem die Grannenkiefern, *Pinus aristata*, als Art die Kraft zur Höherentwicklung und Ausdehnung ihres Areals eingebüßt haben, haben sie sich in die Berge zurückgezogen. Dort

überleben sie als verkrüppelte Greise, kaum mehr als neun Meter groß, in Arealen, die auf 2 400 bis 3 000 Metern Höhe liegen. Das älteste Exemplar der Grannenkiefer — der in den kalifornischen White Mountains auf 2 850 Metern Höhe wachsende «Methusalem-Baum» — ist 4 600 Jahre alt: Dieser Baum ist gegenwärtig das älteste überhaupt bekannte Lebewesen auf Erden.

Neben diesen alle Rekorde überbietenden Arten sind jedoch auch Individuen anderer Baumarten bekannt, die außergewöhnliche Dimensionen erreicht haben. Die Douglastanne, *Pseudotsuga menziesii*, ein weiterer in Nordwestamerika zahlreich vortretender Nadelbaum, hat früher möglicherweise die höchsten Bäume der Welt hervorgebracht. Da diese Art ein besonders wertvolles Nutzholz liefert, ist von ihr nur noch ein einziger großer Waldbestand übriggeblieben.

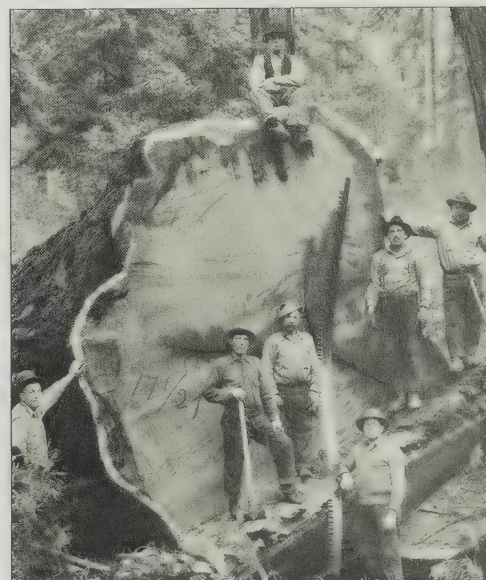
Es sind auch nicht die Koniferen allein, die solche schwindelerregenden Höhen erreichen. Eine australische Laubbaumart, *Eucalyptus regnans*, die in Südvictoria und Tasmanien begrenzte Areale besitzt, steht den Nadelhölzern in nichts nach: Ein in Gippsland, Victoria, heimischer Baum soll beim Fällen 125 Meter hoch gewesen sein. Der größte noch bestehende Eukalyptus dieser Art, ein in Westaustralien gepflanzter Baum, hat eine Höhe von 101,5 Metern und ist damit das höchste Laubholz der Welt.

Wohl mögen die Sierra-Sequoien die umfangreichsten Bäume sein, doch als «dickster» Baum der Welt gilt ein außergewöhnliches Exemplar der Mexikanischen Sumpfyzypresse, *Taxodium mucronatum*. Dieser Baum wird El Gigante genannt; er steht neben der Kirche von Tula in Mexiko und hat, obwohl nur 42 Meter hoch, einen Umfang von 34,5 Metern.



Oben Die Küstensequoien wachsen in Kalifornien, die Mammutbäume an den Westhängen der Sierra Nevada. Die Grannenkiefern sind im Felsengebirge von Südwest-Kalifornien bis Colorado heimisch.

Unten Ein erschöpftes Holzfallerteam vor dem besiegten Baumriesen. Den Naturschützern des 19. Jahrhunderts ist es zu verdanken, daß 1890 der Sequoia National Park geschaffen wurde.





# Die Waldhirsche

Im Nadelwaldgürtel, der sich vom nordamerikanischen Kontinent bis nach Japan erstreckt, sind die Hirsche die hauptsächlichsten Pflanzenfresser; ihr auffälligstes Merkmal ist das Geweih des männlichen Tieres. Es besteht aus totem Knochen, der zwei oft vielfach verzweigte Stangen bildet, wird jedes Jahr abgeworfen und erneuert sich bis zum Frühling; mit dem Alter des Tieres vergrößert es sich und vermehrt die Zahl der Abzweigungen von der Stange, die man Sprossen oder Enden nennt.

Der an den Nordrändern der Nadelwälder Amerikas heimische Hirsch ist eine Unterart des Rentiers, das Karibu; seine eurasische Variante ist das Nordeuropäische Ren. Als Gattung – mit nur einer einzigen Art – stammt das Rentier vermutlich aus Nordamerika und gelangte über die Beringstraße nach Asien und Europa.

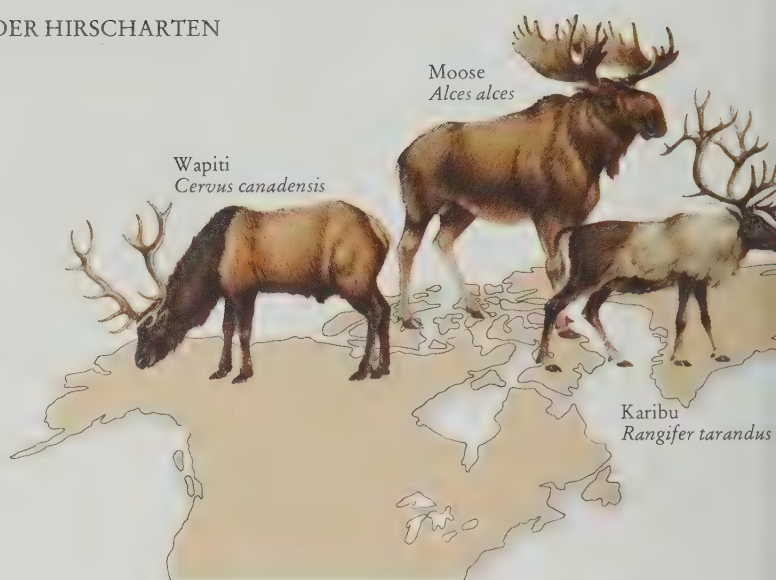
Bei den nomadisierenden Lappen Finnlands, Schwedens und der Sowjetunion ist das Ren ein halbgezühtetes Milch- und Arbeitstier. Seine Schulterhöhe beträgt etwa neunzig Zentimeter, und als einzige Vertreter der Hirschfamilie tragen beide Geschlechter ein Geweih von bemerkenswert asymmetrischer, weitausladender Form, bei dem die untere Augensprosse oft schaufelartig ausgebildet ist. Die Zugrene haben kräftige hohe Beine, die die Tiere auf ihren ausgedehnten – in Nordamerika bis zu 10 000 Kilometer langen – Wanderungen durch den Schnee tragen. Die Rene verbringen den Sommer in der arktischen Tundra und ernähren sich von Blüten und Trieben; im Winter suchen sie Schutz an den Rändern des Nadelwalds, wo sie sich paaren und von Moosen, Flechten und Baumrinde leben.

Wenn sie zu großen Herden vereint sind, nehmen die Rentiere Fahrten auf, denen im Lauf der Jahrhunderte zahllose Generationen gefolgt sind, und werden so eine leichte Beute von Mensch und Wolf, aber auch von Aasfressern wie Polarfüchsen, Vielfraßen und Raubvögeln. Die Lappen wandern zusammen mit ihren Herden, um im Wechsel der Jahreszeiten die bestmöglichen Weideplätze für die Tiere zu suchen, deren Fleisch, Milch und Fell sie nutzen.

Ganz auf den Wald und im Sommer auf die nördlichste Waldzone beschränkt ist der Elch (in Nordamerika heißt er *Moose*). Er ist das größte Mitglied der Hirschfamilie: Seine Schulterhöhe mißt bis 2,25 Meter, und sein Gewicht beträgt eine halbe Tonne. Jeder Elch braucht zur Asung ein ausgedehntes Gebiet; daher lebt das männliche Tier, bis auf die Brunftzeit im September, als Einzelgänger, getrennt von der Elchkuh mit ihren Jungen. Im Sommer waten die Elche in Seen und Sümpfe und verzehren Wasserpflanzen oder junge Weiden, Birken und Espen, um Fett für den kargen Winter anzusetzen.

## DIE VERBREITUNG DER HIRSCHARTEN

Zahlreiche Hirscharten sind sowohl in Europa, Asien wie Nordamerika vertreten. Der amerikanische Elch oder *Moose* unterscheidet sich vom Elch der eurasischen Wälder nicht. Der Wapiti-Hirsch, der in den USA Elke heißt, und der asiatische Maral sind Unterarten des Rothirschs. Das Pendant des Karibus der nordamerikanischen Tundra – nicht zu verwechseln mit der nicht gezähmten Ren-Unterart der Eskimos – ist das eurasische Rentier, das wahrscheinlich über die Beringstraße von Asien nach Europa gelangte.



Der in Nordamerika häufigste Hirsch, der ungefähr die gleiche ökologische Nische einnimmt wie die Rehe, ist der Weißwedel- oder Virginia-Hirsch. Im Norden teilt er sich mit dem Wapiti in einige Wälder; sein Verbreitungsgebiet ist jedoch viel weiter nach Süden ausgedehnt und reicht bis ins tropische Mittelamerika. Bei Gefahr richtet er seinen Schwanz auf, so daß als Warnsignal die weiße Unterseite sichtbar wird.

Der Damhirsch bietet einen in Mitteleuropa vertrauten Anblick – ein sehr schönes, zierliches Geschöpf, etwas größer als das Reh, aber kleiner als der Rothirsch. Der männliche Damhirsch hat ein großes Schaufelgeweih, und beide Geschlechter bewahren als ausgewachsene Tiere ihr weißgetüpfeltes Fell. Sämtliche anderen Waldhirsche, bis auf den Axis-Hirsch oder Tschital aus Vorderindien, verlieren die weiße Fleckung, die alle Kälbchen bei der Geburt haben und die im Wald vermutlich eine Rolle im Überlebenskampf spielt. Mit Ausnahme der Tiere, die als große, halbzahme Herden unter den lockeren Baumbeständen der Tierparks grasen (wohl die Mehrheit), ist der Damhirsch ein Waldtier. Er nährt sich von Blättern und Zweigen, Eicheln und anderen Baumfrüchten; sein geflecktes Fell ist im gesprenkelten Sonnenlicht der Wälder eine hervorragende Tarnung.

In den südlicheren, laubwerfenden Wäldern und den Übergangszonen zum Nadelwald des eurasischen und amerikanischen Kontinents sind die Rot- oder Edelhirsche heimisch, deren nordamerikanische Unterart der Wapiti-Hirsch ist. Die männlichen Rothirsche sind, mit fast 1,5 m Schulterhöhe und einem Gewicht bis zweihundert Kilogramm, ziemlich mächtige Tiere; die Hindinnen sind wesentlich kleiner. Der Edelhirsch ist vor allem ein Waldtier und nährt sich, je nach

Jahreszeit, von Gras, Blättern und Trieben oder von Eicheln und Bucheckern, obwohl er sich in Ländern mit geringem Waldbestand auch an das Äsen auf Weiden angepaßt hat. Auf freiem Gelände versammelt sich das Rotwild zu Herden von über hundert Tieren, während es sich im Wald nur zu kleinen Rudeln zusammenschließt.

In Ostasien, wo die Hirsche vermutlich herkommen und der Bast – eine das Hirschgeweih bei der Neubildung umgebende äußere Hautschicht – als Aphrodisiakum gilt, sind zahlreiche Arten verbreitet. Dem Rothirsch sehr ähnlich ist der Sika-Hirsch; man nimmt an, daß er das Stammtier der Edelhirsche ist. Der Sika-Hirsch lebt in Herden tief in den Wäldern Japans und der Mandschurei und hat sich auch in Europa eingebürgert; er ist mit dem Rothirsch kreuzbar.

In den Wäldern des eurasischen Nordens weitverbreitet ist das weit kleinere und schlankere Reh, das in Amerika nicht vorkommt. Der Bock trägt ein kleines Gehörn mit spitzen Enden, und seine Schulterhöhe mißt nicht mehr als 75 Zentimeter; die Geiß ist sogar noch kleiner. Die Rehe sind Einsiedler oder leben im Sommer in kleinen Gruppen, den «Sprüngen», trennen sich aber, wenn der Winter naht. Diese Tiere lieben die Sicherheit des Waldes und fressen Gräser, Blätter, Triebe und Früchte; nachts treten sie zum Äsen auf Wiesen und Lichtungen aus. In den letzten Jahrzehnten ist der Rehbestand drastisch angestiegen. Wo die Vermehrung der Rehe nicht durch Jagd oder natürliche Feinde begrenzt wird, richten sie im Wald durch Verbiß beträchtlichen Schaden an; sie sind besonders in Forsten, wo man die Monotonie des Nadelholzes durch eine Artenvielfalt zu ersetzen versucht, hinderlich.





Oben Der Weißwedelhirsch, *Odocoileus virginianus*, ein Trughirsch, ist der für die Neue Welt typischste Vertreter der Hirsche. Er ist heute zahlreicher vertreten als zur Zeit der ersten Siedler.



Oben Alaska-Elche, *Alces alces gigas*, kämpfen in der Brunftzeit im September um ein Weibchen. Der Elch aus Alaska ist als größtes Mitglied der Hirschfamilie gut an seine Umgebung angepasst. Dank seiner hohen

Beine ist er ein schneller Läufer, und ein Tritt seiner scharfen Vorderhufe kann tödlich sein. Abfallende Nase und feines Gehör warnen ihn rechtzeitig vor Feinden.



Oben Damhirsche, *Dama dama*, kommen heute nur in den Mittelmeerländern als Wildtiere vor. Bei Gefahr hebt der Damhirsch den auf der Unterseite weißgefärbten Schwanz, um die Gefährten zu warnen.

## DIE WANDERUNGEN DER RENE

Im Frühjahr verlassen die Rentiere, *Rangifer tarandus*, die Wälder, wo Flechten zunehmend knapp werden, um nach Sommerweiden zu suchen. Sie werden dabei von lappländischen Wanderhirten geführt. Der Zug dauert mindestens zwei Wochen, oft aber länger, weil viele Kälber im Mai geworfen werden. Von den einst wilden Herden gibt es nur noch wenige; sie wurden in jüngster geschichtlicher Zeit von den Lappen gezähmt. Ein Viertel des Vokabulars der Lappensprache betrifft das Ren und seine Zucht.





# Der Rauchwarenhandel

Seit der Zeit, da der Mensch seine gleichmäßig warme Urheimat im Dschungel Afrikas verließ, um sich den Unbilden nördlicher Klimaten auszusetzen, hat er sich stets in wärmespendende Tierhäute gehüllt. Tierhäute als Kleidung waren naheliegend: In den Wäldern des Nordens wimmelte es von Geschöpfen, die zum Schutz gegen Kälte einen dicken Winterpelz trugen. Wann man zuerst auf die Idee kam, Pelze als Statussymbol zu betrachten, ist schwer zu sagen; man weiß aber, daß sie bei den Chinesen schon 1 500 Jahre vor Christus einen hohen Prestigewert hatten. Auch bei Griechen und Römern verhalten sie zu Ansehen: So trug der Standartenführer einer römischen Legion als Rangabzeichen einen Wolfspelz.

Als im anbrechenden Mittelalter der Zivilisationszerfall einsetzte, war der Rauchwarenhandel eine der wenigen Arten des Güterausstauschs, die ihren Platz behaupten konnten. Die Wikinger eröffneten Pelzstraßen, die bis ins Herz Rußlands führten, und gründeten in Nowgorod einen Handelsposten. Die Wälder des Nordens sind seit jeher die bevorzugten Gebiete der Trapper gewesen, weil das rauhe Klima bei pelztragenden Tieren die Ausbildung eines dichten

Winterfelles mit langen, schimmernden Haaren und geschmeidiger Haut begünstigt. Die Pelze aus warmen Klimaten hingegen sind gröber und die Haut dicker.

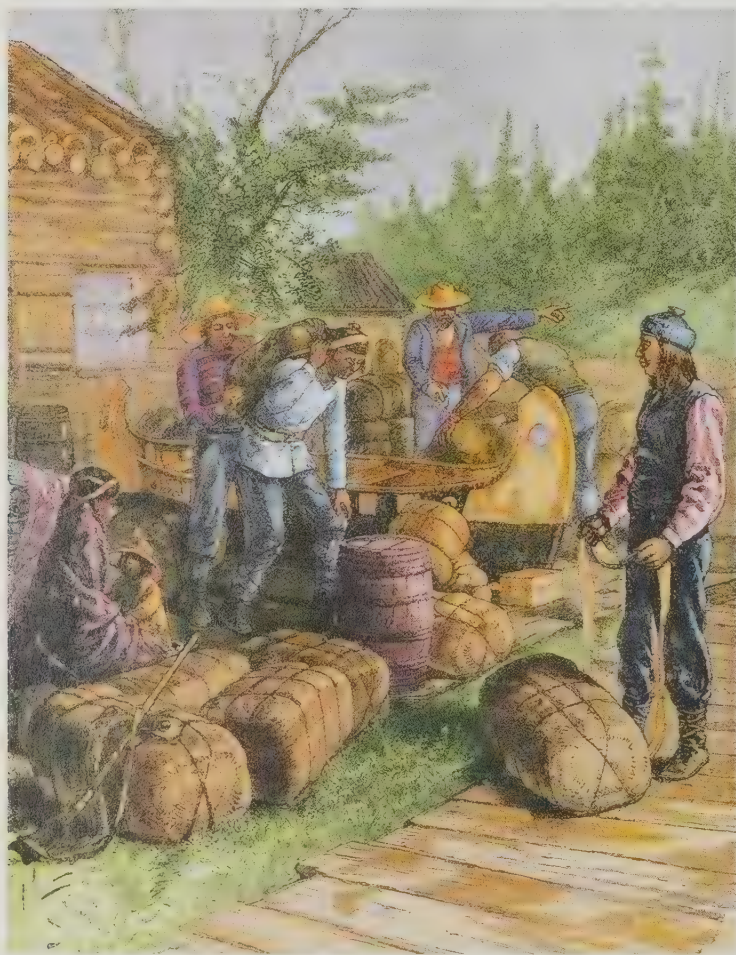
Die Begehrtheit von Pelz führte mit ansteigender Bevölkerungszahl zu einem merklichen Rückgang bestimmter pelztragender Arten. Gerade ihre Seltenheit machte Pelze aber noch wertvoller – Anreiz genug, die Wälder des nordamerikanischen Kontinents auszubeuten, in denen die so begehrten Tiere in Scharen lebten. Den englischen Siedlern der Ostküste war zwar nicht viel an Pelzen gelegen, aber selbst die beiläufige Pelztierjagd führte schon bald zur drastischen Verminderung verschiedener Arten. Im Gegensatz zu den Engländern war der Pelzhandel für die französischen Siedler Nordamerikas ein wirtschaftliches Hauptanliegen. Während die französischen *Coureurs de bois* nach Westen vordrangen, setzten sich Pelzhandel treibende russische Kosaken an der Westküste ab und stießen auf der Jagd nach Silber- und Polarfüchsen, Seehunden, Ottern und Seeottern ostwärts vor.

Einer der stärksten Antriebe zur Erkundung des Kontinents war die Suche nach Bibern. Im 18. und 19. Jahrhundert fühlte

sich ein feiner Mann in Europa ohne Biber-mütze mangelhaft bekleidet, und so wurden die Biber in Wäldern und Flüssen des gesamten nordamerikanischen Kontinents erbarungslos verfolgt.

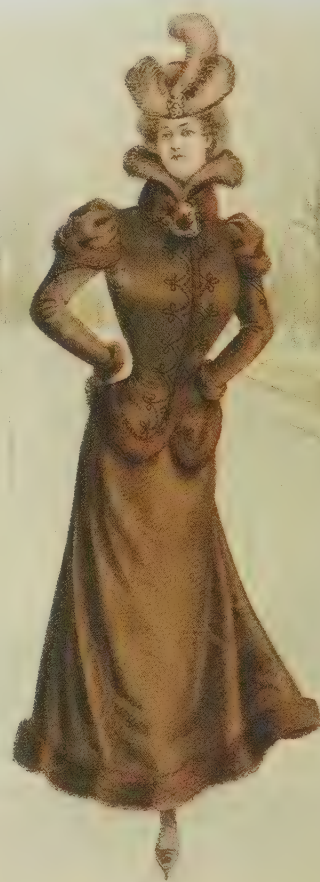
Bei dieser Verfolgungsjagd erschlossen weiße amerikanische Truppen den bislang unbekannten Westen des Erdteils. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts war die Population von Wölfen, Graubären, Ottern, Fichtenmardern, Zobeln und Vielfraßen südlich von Kanada dezimiert worden, und die Pelzhändler mußten nach anderen Arten Umschau halten. Man begann – neben anderen pelztragenden Tieren – vor allem Opossum, Bisamratte und Skunks zu jagen und die Felle auf den unersättlichen Markt zu bringen.

Die allmähliche Erschöpfung der Wildbestände und die laufende Nachfrage nach Pelzen jeder Art bereiteten den ersten großangelegten Zuchtungsversuchen den Weg. Die Pelztierfarmer erkannten rasch, welche Möglichkeiten die Züchtung von Tieren mit exotisch gefärbtem Fell barg. So wurde der Silberfuchs gezüchtet, eine Mutation des Rotfuchses, die in der Natur jedoch selten vorkommt. 1930 wurden, als Reaktion auf



Links Als sich die ersten Siedler in den nördlichen Teilen Nordamerikas sesshaft machten, wurde die Hudson Bay Company zum wichtigsten Handelsstützpunkt der Region. Diese Gesellschaft wurde 1670 zur Wahrung der englischen Interessen gegründet und führte Felle nach England aus. Viele davon stammten von indianischen Pelztierjägern, die sie gegen Waren, wie Äxte und Schnaps, tauschten. Bald begannen weiße Trapper, den Indianern Konkurrenz zu machen. Sie kauften bei ihnen Einbäume, Kanus aus Birkenrinden und Schneeschuhe und durchstreiften gierig den bewaldeten Norden auf der Jagd nach Pelztieren.

Rechts Zobelfelle sind in der Modebranche stets gefragt gewesen, wie dieses elegante Damenkostüm aus dem 19. Jahrhundert zeigt. Doch der Zobel, *Mustela zibellina*, wurde beinahe ausgerottet. Heute werden in der Sowjetunion Zobelfarmen betrieben; man vermutet, daß die Haltung dieser nervösen, hochempfindlichen Tiere den Züchtern große Schwierigkeiten bereitet.





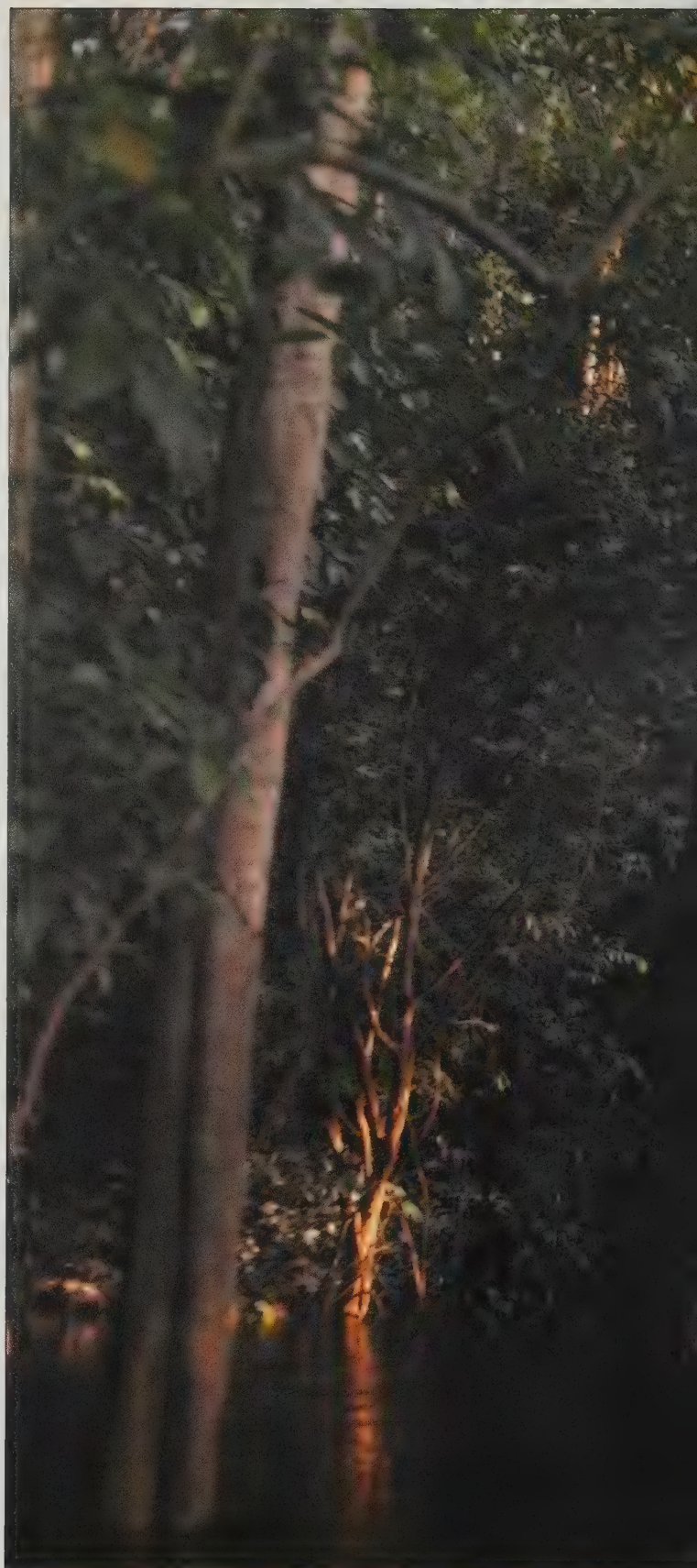




# TROPEN- WÄLDER

Dieser Wald unterscheidet sich vom unsrigen durch den Gegensatz zwischen Laub und Stamm. Die Blätter sind dunkler, ihre Grüntöne wirken mehr mineralisch als pflanzlich, wobei Jade und Turmalin stärker vertreten sind als Smaragd und Chrysolith. Die Stämme dagegen, weiß oder blaßgrau, heben sich wie Knochen vom dunklen Hintergrund des Laubs ab. Da ich der Felswand zu nahe war, um das Ganze überblicken zu können, vertiefte ich mich in die Einzelheiten. Pflanzen, weit üppiger als die europäischen, richten Stengel und Blüten auf, die wie aus Metall gegossen wirken, so fest ist ihr Wuchs und so sinnvoll ihre Form, der die Zeit nichts anzuhaben scheint. Von außen gesehen, gehört diese Natur einer anderen Ordnung an als die unsrige; sie läßt einen höheren Grad an Präsenz und Dauer erkennen. Wie in den exotischen Landschaften von Henri Rousseau gelangen auch hier die Lebewesen zur Würde von Objekten.

Claude Lévi-Strauß *Traurige Tropen*









# Das Ökosystem

Die tropischen Regenwälder, die in einem beständigen Klima stetiger Niederschläge und gleichmäßiger Temperatur gedeihen, umschließen die Erde am Äquator als dichter, immergrüner Gürtel. In dieser Zone gibt es keine Jahreszeiten, und die Temperaturwechsel vom Tag zur Nacht sind größer als die von einem Tag zum anderen. Diese warme, feuchte Witterung hat Wälder hervorgebracht, die eine schwelgerische Fülle pflanzlichen und tierischen Lebens bergen.

Die Natur der Tropenwälder wandelt sich indes mit abnehmenden Regenfällen, und in einigem Abstand vom Äquator, gegen die Wendekreise von Krebs und Steinbock hin, nehmen sie – zur Überbrückung einer bis drei Monate währenden niederschlagsarmen Zeit – einen teilweise laubwerfenden Charakter an. Doch im eigentlichen Regenwald drängt sich auf kleinstem Raum mehr Vegetation als irgendwo sonst auf der Erde. Dichte, ineinandergreifende Baumkronen, die kostbares Sonnenlicht aufsaugen, dunkeln das Waldinnere so stark ab, daß kleinere Pflanzen unmöglich gedeihen können.

Beherrscher des Waldes sind die Baumgiganten, die das Kronendach majestätisch überragen. Unterhalb der höchsten Bäume harren Jungriesen auf eine Möglichkeit, sich einen Platz an der Sonne zu erkämpfen, und eine Stufe tiefer stehen die Palmen und Farne, denen es niemals gelingt, zum Wald-dach emporzuklettern, und wenn sie noch so viele Jahre wachsen. Auf allen Stufen des Waldes lebt und nährt sich eine mannigfaltige Fauna; jedes Tier richtet sich in seiner besonderen Nische ein und hat auf seine Weise teil an der Aufrechterhaltung des wunderbarsten Ökosystems, das die Erde kennt.

Man muß den Wald im Hubschrauber überfliegen, um ihn wirklich zu sehen – ein wogendes Meer grüner, von buntfarbenen Blumen bekrönter Gipfel, umbrandet vom Summen und Zwitschern zahlloser Insekten und Vögel. Diese undulierende Fläche überziehen Tausende und Abertausende von Meerrohr-Lianen, die sich wie Christbaumschmuck von Baum zu Baum ranken, Nachbarbäume aneinanderketten und ihnen so bei starkem Wind Festigkeit verleihen. Zusätzlich winden diese Schlingpflanzen, die mit den eigenen Wurzeln im Boden verankert sind, ihre schlanken Stämme stützend um die Schäfte großer Bäume. Die Bäume indes, die von den Luftwurzeln der Würger- oder Mörderfeigen wie von einem Panzer umgeben sind, gehen an der grausamen Umschlingung zugrunde.

Im Tropenwald sind auch Epiphyten wie Orchideen und Bromelien heimisch, die, genauso wie die Lianen, im Kronendach blühen, aber zur Unterstützung vollständig von der Wirtspflanze abhängig sind. Ihre zu einem Spinnennetz verflochtenen Wurzeln

baumeln unterhalb der Wipfel in der Luft und fangen alle Pflanzen- und Tierreste auf, die aus dem Walddach niederfallen. Manche Bromelien tragen an der Unterseite der Blütenstände Wasserbehälter, damit sie nicht in der glühenden Hitze vertrocknen.

Bei dieser Vielzahl von Lebewesen müßte man annehmen, der Waldboden sei mit den Rückständen verwesender Bäume oder mit Tierskeletten übersät. Doch der Boden ist wie leergefegt, weil Termiten scharenweise über jeden gestürzten Baum herfallen und das Holz mit unglaublicher Schnelligkeit zersetzen. Der Reinigungsvorgang wird von Pilzen vollendet, die zum Teil ihr Leben direkt in Termitennestern fristen. Die Hyphen dieser Pilze umspinnen die Saugwürzelchen der Bäume und geben alle Nährstoffe, die sie den absterbenden Gliedern der Waldgemein-

schaft entziehen, unmittelbar an die lebenden Pflanzen zurück. Diese wirksame Rückführung von Nährstoffen hat zur Folge, daß wenige dieser Substanzen den Boden erreichen und seine Fruchtbarkeit mehr in den Pflanzen als im Erdreich gespeichert ist.

In den feuchten Tropen wird die Vegetationszeit durch nichts unterbrochen, und stets steht zumindest eine Baumart in Blüte. Andererseits sind die Bäume in Wäldern, wo das Leben seit Jahr-millions gleichförmig verlaufen ist, träge veranlagt, und manche Arten erzeugen vielleicht ein paar Jahre lang überhaupt keine Früchte.

Tiere spielen bei Befruchtung und Samenverbreitung eine wichtige Rolle. Manche Bäume werden nur durch ein bestimmtes Insekt bestäubt, andere beispielsweise durch Fledermäuse.

*Unten Durch eine Lücke im Kronendach dieses australischen Regenwaldes dringt Licht bis zu den niedrigen, von Farnen und Gebüsch überwucherten Waldschichten.*

*Unten rechts Eine Luftansicht des dichten Kronendachs eines Regenwaldes in Westafrika, das hier und dort von den Baumriesen durchstoßen wird.*





Höhe in Metern

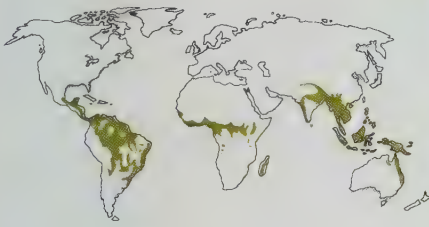
35

27

18

4,5

1,5



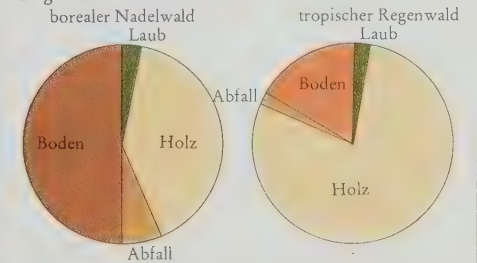
Oben Regenwälder gedeihen dort, wo der Niederschlag 200 bis 220 cm im Jahr übersteigt. In einiger Entfernung vom Äquator nehmen sie einen halbimmergrünen Charakter an. Regenwälder sind verbreitet in Mittel- und Südamerika, Afrika und Madagaskar, Süd- und Südostasien sowie Neuguinea und Australien.

Rechts Das oberste «Stockwerk» ist von den das Walddach überragenden Bäumen besetzt. Darunter wachsen die Hölzer, die das Kronendach bilden, und noch ein Stockwerk tiefer die Bäume mit schmalen Wipfeln. Auf der zweituntersten Stufe ringen Zwergbäume ums Licht; am Boden gedeihen Kräuter und Sämlinge.



## DER NÄHRSTOFFKREISLAUF

In den tropischen Regenwäldern sind die meisten mineralischen, für Pflanzen und Bäume verfügbaren Nährstoffe nicht im Boden gespeichert, sondern in toter und lebender organischer Substanz gebunden. Stirbt ein Lebewesen, so wird der tote organische Abfall rasch von den bodenbewohnenden Mykorrhiza-Pilzen aufgespalten und an die Wurzelzellen lebender Pflanzen überführt. Durch diese schnelle Wiederverwertung bleicht der Boden bei den häufigen Regenfällen nicht aus.



Der Boden tropischer Regenwälder ist trotz seiner verschwenderischen Vegetation nicht fruchtbar. Da die Mineralstoffe im Boden von den angebauten Pflanzen verbraucht werden und das ungeschützte Erdreich durch die heftigen Regenfälle schnell auslaugt, nimmt die Qualität der Ernten bereits nach zwei Jahren stark ab. Die Bauern müssen dann ein neues Areal abholzen und hinterlassen steriles Ödland (unten), das der Wald nur schwer wiederbesiedeln kann.





# Die Bäume

Unten In flachgründigen oder sumpfigen Regenwaldböden können Baumwurzeln nicht in die Tiefe vordringen; sie verdicken sich daher bei vielen hohen Bäumen über dem Erdboden zu Brettwurzeln.

Unten Die spitzen Stacheln am Stamm dieses bolivianischen Trockenwaldbaums halten Tiere davon ab, ins Kronendach zu klettern und an die reichlich vorhandenen Nüsse, Früchte, Blätter und Insekten zu gelangen.



Auch wenn man einen nördlichen Wald meilenweit durchstreift, trifft man immer dieselben vier bis fünf Baumarten an. Im tropischen Regenwald dagegen wachsen oft mehrere Hundert Baumarten je Hektar. Allein in Malaysia gibt es über 2 500 verschiedene Arten hoher Bäume.

Doch diese Baumarten besitzen, ihrer unterschiedlichen Klassifizierung ungeachtet, auffallend ähnliche Merkmale. Eines der häufigsten, unübersehbaren Merkmale sind die plankenartig an der Stammbasis ansetzenden Brettwurzeln, die die größeren Bäume wie Pfeiler umfassen. Diese senkrechtstehenden Pfeiler erreichen bis zehn Meter Höhe und sind, sich wie ausgebreitete Flügel gegen oben verjüngend, am Boden womöglich noch breiter. Ihre eigentliche Funktion ist noch ungeklärt, aber da die Bäume im flachgründigen Boden des Regenwaldes nur beschränkt Halt finden, könnten sich die größten von ihnen ohne das Stützwerk dieser Wurzeln vermutlich nicht aufrecht halten. Die kleineren Bäume haben häufig Stelzwurzeln, die aus dem Hauptstamm treiben und sich dem Erdboden anmutig entschlängeln, ehe sie sich in ihm versenken.

Obwohl Brett- und Stelzwurzeln den Bäumen Masse hinzufügen, sind sie, senkrecht zum Kronendach aufsteigend wie Raketen bei einer Abschußrampe, für ihre Höhe auffallend dünnstämmig. Ihre Borke ist gewöhnlich glatt, sehr dünn und weißlich, wenn sie auch wegen der Flechten, die die



Unten Dieser in Malaya heimische Feigenbaum gehört zu den Kaulifloren: Er trägt stiellose Blüten und Früchte direkt am Stamm. Stammbliütigkeit ist bei Regenwaldgewächsen häufig, anderswo jedoch selten anzutreffen.

Auffällig in einer niedrigen Waldschicht platzierte Blüten ziehen wohl Fledermäuse und Insekten an, die beim Verzehr von Nektar und Pollen zugleich für die Bestäubung sorgen.

Unten Die jungen Blätter mancher Tropenbäume hängen bei der Entfaltung der Blattknospen lahm am Zweig und enthalten keinerlei grünen Farbstoff. An seiner Stelle wirkt das Pigment Anthocyanin, das sie weiß, rot

oder rotblau färbt. Bei der Reifung wird Stützgewebe erzeugt, das die Blätter versteift; zugleich bildet sich der grüne Assimilationsfarbstoff Chlorophyll, bis sie ihre vertraute dunkelgrüne Färbung annehmen.



Stämme bedecken, heller aussieht, als sie in Wirklichkeit ist. Selbstverständlich gibt es Ausnahmen von der Regel: Manche Bäume haben eine fast schwarze Rinde, und in Tropenwäldern mit Trockenzeiten bilden die Stämme oft Stacheln aus.

Das ziemlich monotone Aussehen des Regenwaldes ist zum Teil dem lederigen dunkelgrünen Laub zuzuschreiben, das bei den meisten Bäumen und Sträuchern denselben Farbton hat. Die Blätter etlicher Tropenbäume haben eine tüllenartige Blattspitze entwickelt, deren Zweck es vermutlich ist, Wasser von der Blattoberfläche abzuleiten. Wenn diese Vermutung zutrifft, ist eine solche Vorrichtung in zweifacher Weise nützlich. Erstens reflektiert ein dünner Wasserfilm auf dem Blatt das Sonnenlicht und bremst so die Photosynthese — ein Nachteil, der in dem ohnehin düsteren Urwald fatal wäre. Zweitens setzt Wasser auf der Blattoberfläche — das von der feuchten, fast unbewegten Tropenluft nicht absorbiert würde — die Transpiration herab und vermindert dadurch die Aufnahme lebensnotwendiger Mineralstoffe aus dem Boden (siehe Seiten 80/81). Ein weiteres gemeinsames Merkmal des Laubwerks sind die Gelenke an den Blattstielen, die das Blatt so beweglich machen, daß es seine Stellung den Lichtverhältnissen anpassen kann.

Blüten und Früchte des Regenwaldes weichen mehr voneinander ab als die Blätter, zeichnen sich aber durch ein paar beachtens-

werte Charakteristika aus. Das interessanteste ist die Kauliflorie — die Bildung von Blüten und Früchten an verholzten Ästen oder am Stamm (Stammbliütigkeit). Die Kauliflorie findet sich bei über tausend Arten, die fast ausnahmslos Bäume der niedrigen Waldschichten sind. Diese Bäume werden häufig von Fledermäusen bestäubt, eine außerhalb der Tropen unbekannte Befruchtungsart, und die auffällige Anordnung der Blüten dient möglicherweise den nachtaktiven Fledermäusen als Erkennungshilfe, genauso wie der Geruch und Geschmack vieler Tropenfrüchte.

Die Art der Samenverbreitung ist von Baumtyp zu Baumtyp verschieden. Die Samen sämtlicher Jungbäume im — vom Menschen beeinflussten — Sekundärwald werden von Tieren oder vom Wind weit genug getragen, daß sich die Bäume rasch auf allen Rodungs- und Kahlschlagflächen ansiedeln können. Im — vom Menschen unberührten — Primärwald hingegen ist Wind- oder Tierbestäubung ungewöhnlich, und manche Bäume scheinen kein wirksames anderes Mittel der Samenverbreitung herausgebildet zu haben. In den oberen Waldschichten mag Windbestäubung vorkommen, nicht aber auf den unteren Stufen; die oft großen, schweren Samen fallen unter den Elternbaum, wo sie vielleicht von Tieren oder gar dem Wasser weitergetragen werden, wie es bei den Zweiflügelfruchtbäumen Malayas der Fall ist (siehe Seiten 88/89).

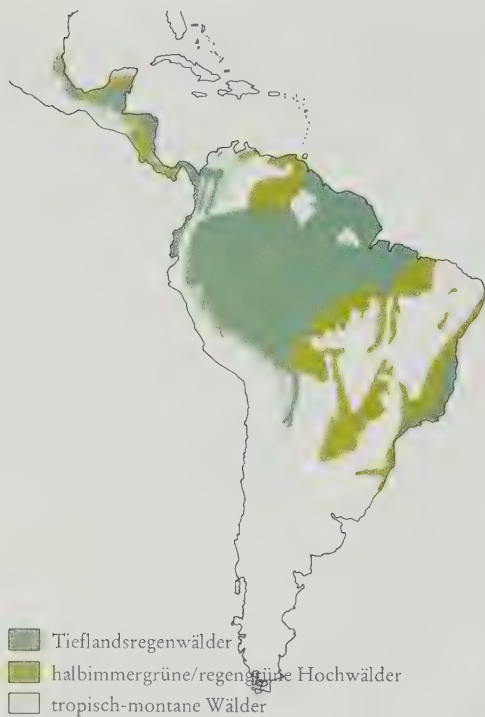
Für hohe Bäume sind massige Samen vorteilhaft, weil bei ihnen die Wahrscheinlichkeit groß ist, daß sie den Erdboden erreichen, und weil sie genügend Nahrung für den Keim aufnehmen können, so daß er sich im dunklen Waldboden verankern kann. Andererseits wird die Verbreitung mancher Arten durch schwere Samen behindert, und man vermutet, daß Bäume, die im Flachland vorherrschen, nicht in der Lage sind, steiles Gelände zu besiedeln, weil die Samen einfach den Hang hinabrollen.

Die große Artenvielfalt und die Unfähigkeit bestimmter Arten, ihre Samen wirksam auszustreuen, sind u. a. dafür verantwortlich, daß auf einem Schlag nur wenige Bäume derselben Art vorkommen. Der Weltmarkt war stets auf die berühmten dichten, schweren Hölzer wie Mahagoni ausgerichtet. Erst in den letzten Jahrzehnten ist die Nachfrage nach tropischen Laubhölzern jeder Art angestiegen, da die Laubwälder Europas und Nordamerikas weitgehend durch Koniferenpflanzungen ersetzt wurden. So hat die Beliebtheit der südostasiatischen Zweiflügelfruchtwälder, *Dipterocarpaceae*, einer Familie mit 385 Arten gigantischer Bäume, mehr und mehr zugenommen. Das Holz dieser Bäume ähnelt sich stark und läßt sich mühelos bearbeiten als die schweren Ausstattungshölzer.

Da ihre Hölzer so ähnlich beschaffen sind, werden verschiedene *Dipterocarpus*-Arten zu Gruppen zusammengefaßt.



# Südamerika



Links Zu den Regenwäldern Amerikas gehört auch A. von Humboldts *Hyläa* – «die waldige Zone» Amazoniens –, die sich von den Anden quer über den Kontinent bis nach Guayana erstreckt.

Rechts Der Tamandua ist ein baumbewohnender Ameisenbär, der mit Hilfe seines langen Greifschwanzes auf hohe *Cecropia*-Bäume klettert. Er wühlt die Nester von Ameisen auf und verleiht sich die Tiere mit seiner langen, klebrigen Zunge ein.

Unten Die Dämmerung breitet sich über dem Amazonas aus. Der Strom fließt ruhig dem Atlantik zu, in den er sich durch einen breiten Mündungstrichter ergießt. Im Bereich dieses Stroms finden Tausende von Insekten, Fischen und Vögeln ihren Lebensraum, einen Brutplatz und Nahrung.



Südamerika besitzt den größten zusammenhängenden Regenwald der Welt. Dieses Waldgebiet ist so stark vom Amazonasstrom und seinen Nebenflüssen geprägt, daß man zu gewissen Zeiten im Jahr unmöglich feststellen kann, wo der Fluß aufhört und wo der Wald beginnt. Doch zu jeder Zeit strömen bis zwei Drittel des gesamten Süßwassers der Erde im sieben Millionen Quadratkilometer großen Amazonasbecken zusammen, und die Wassermasse, die sich schließlich in den Atlantik ergießt, macht ein Fünftel der Wassermenge aus, die aus den Strömen der Erde in die Weltmeere fließt.

Der imposanten Größe von Wald und Flüssen entspricht eine an seltenen, faszinierenden Arten verblüffend reiche Tier- und Pflanzenwelt. In diesem Gebiet sind rund eine Million Pflanzenarten heimisch – ein Drittel sämtlicher Blütenpflanzen der Erde –, mehr als die Hälfte aller bekannten Vogelarten, und in Wäldern und Flüssen tummeln sich so viele Insekten und Fische, daß sie von der Systematik nie ganz erfaßt werden konnten.

Doch ungeachtet der Vielfalt und Vielzahl von Tieren finden sich die wenigsten auf engem Raum, und viele davon sind Nachttiere. Wer den Wald tagsüber besucht, sieht nicht viel. Wie in den meisten Regenwäldern spielt sich das Geschehen hoch oben im Kronendach ab, wo die Bäume blühen, die Lianen Blätter treiben und Orchideen, Bromelien und andere Epiphyten die grelle Farbenpracht ihrer Blüten entfalten. Die Wipfel sind auch der Ort, wo ganze Trupps behender Neuweltaffen umherturnen.





Unten Diese spielzeug-  
ähnlichen Grashüpfer  
(Acrididae) sind schlecht  
getarnt: Die leuchtenden  
Farben sollen die Unge-  
nißbarkeit dieser Heu-

schrecken anzeigen und  
so Feinde abschrecken.  
Bestimmte ungiftige  
Insekten ahmen die zu  
den Fleckenfaltern zählenden  
Helikoniden nach, die

giftig sind. Die Flechten-  
falter dagegen wenden die  
Taktik der echten Tarnung  
an und legen sich ein flech-  
tenähnliches Aussehen zu.



## KAUTSCHUK UND REIS

Angespornt durch die  
erfolgreiche Verpflanzung  
des Chininbaums, Cin-  
chona, von Südamerika  
nach Südostasien, be-  
schloß Henry Wickham  
(rechts), den Kautschuk-  
baum Hevea brasiliensis  
umzusiedeln. Er brachte  
Samen des Baumes zur  
Keimung nach London.  
Die Sämlinge wurden nach  
Südostasien zum Anpflan-  
zen geschickt. Fast hun-  
dert Jahre später transfe-  
rierte Daniel K. Ludwig  
Pflanzen in umgekehrter  
Richtung, indem er nicht-  
heimische, ausgewählte  
Stämme von Reispflanzen  
in Südamerika ansiedelte.  
Bei der Schneeschmelze  
in den Anden schwillt der  
Amazonas regelmäßig an  
und führt fruchtbaren, für  
die Reiskultur idealen  
Schwemmboden mit sich.



Im Walddach wimmelt es auch von Vögeln, die, von der Natur mit kurzen breiten, zum Manövrieren im Zweigdickicht nötigen Flügeln bedacht, ihren heimatlichen Bezirk selten verlassen. Ihre Größe reicht vom Tukan, der sich mit seinem bunten Riesenschnabel Früchte einverleibt, bis zu den winzigen, Nektar schlürfenden Kolibris, die mit vibrierenden Schwingen von Blüte zu Blüte schwirren. Über die Baumwipfel streichen Mauersegler, die im Gleitflug Insekten erbeuten, während die gefürchtete Harpyie lauernd in den Lüften kreist, stets bereit, auf Schlangen, Vögel oder gar Affen hinunterzu stoßen.

Die Zahl der Bodensäugetiere ist ver gleichsweise gering, und sie sind eher klein und ziemlich scheu. Wohl ist vereinzelt Rot wild anzutreffen, doch die äsenden Weide-  
tiere sind in der Mehrzahl Nager wie Paca und Aguti. Capybaras, wenig schmeichelhaft als «Ratten von Schweinegröße» bezeichnet, tummeln sich in friedlichen Familientrupps an den Ufern der Flüsse. Zu den seltsamen Geschöpfen der Gegend zählen auch die einzelgängerischen Ameisenbären, Tapir, Blatt nasenfledermäuse und die wenigen Beuteltiere, die außerhalb Australiens leben, so Opossum und Yapok, das einzige Wassertier unter den Beutlern.

Der Fülle von Fauna und Flora kommt der Reichtum gleich, der dem Amazonas bek en seit der Entdeckung der Neuen Welt ent strömte. Die Spanier stießen in Kuba und dann in Brasilien auf den Mahagonibaum, *Swietenia mahagoni*, und brachten das Holz in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts

nach Europa. Die leichte Bearbeitbarkeit sei nes Holzes und die rotbraune, goldglänzende Farbe prägten es zum Ausstattungsholz *par excellence*. Doch den wahren Ruhm Amazo niens als Schatzkammer begründete erst der Kautschukboom im späten 19. Jahrhundert, als Menschen in dieses Gebiet strömten und Wildkautschukbäume anzapften, um schnell zu Geld zu gelangen (siehe Seiten 38/39 und 198/199).

Bei den jüngsten Versuchen, den Reich tum des Waldes auszuschöpfen, ging man planmäßiger vor. Bei dem vom Amerikaner Daniel K. Ludwig finanzierten Jari-Ent wicklungsprojekt ist ein weites Areal von Naturwald durch raschwüchsige Nadelhöl zer ersetzt worden. Wenn das Holz ernte reif ist, wird es in «schwimmenden» Zellu losefabriken verarbeitet, die, in Japan her gestellt und auf dem Seeweg befördert, den Jari-River hinabgeflößt werden (siehe Sei ten 50/51).

Obwohl sich über vier Fünftel der Wäl der Brasiliens im Amazonasbecken befinden, liefern sie nur ein Zehntel der Landespro duktion an Rundholz und weniger als ein Drittel des Sägeholzes. Vier Fünftel der Amazonaswälder liegen nicht in Über schwemmungsgebieten, werden aber kaum genutzt, weil der Transport mit Fahrzeu gen ebenso teuer wie schwierig ist.



# Afrika

Die Regenwälder Afrikas sind wesentlich kleinflächiger als die südamerikanischen und indomalaiischen Urwälder; die beiden Hauptareale — das eine in West-, das andere in Zentralafrika — setzen sich aus denselben Arten zusammen, obwohl es im Westen, wo das Klima jahreszeitlichen Wechsels unterliegt, sehr wenig echten Regenwald gibt. Auch die Ostküste Madagaskars ist von Regenwäldern gesäumt, die sich durch einen großen Reichtum an Endemiten auszeichnen (Tier- und Pflanzenarten, die auf Madagaskar beschränkt sind).

In den feuchten Waldzonen dominieren *Lophira alata* (Afrikanische Eiche), *Tarrietia utilis* (Lieferant des Niangonholzes), Arten von *Mimusops* (durch das Makoréholz bekannt) und *Guarea*-Arten die mittleren und oberen Waldschichten. Unter diesen Bäumen wachsen buschige Palmen und Wolfsmilchsträucher in einem Dämmerbereich, der in die spärlich beleuchtete unterste Stufe übergeht.

Der kargen Bodenvegetation entsprechend, ist die bodenbewohnende Fauna im Waldinnern auf wenige Arten beschränkt. Weit mehr Tiere leben hoch oben im Kronendach, außerdem an Waldrändern und Flußufern, wo genügende Lichtmengen und das nahezu gleichförmige Klima die üppige Belaubung von Bäumen, Kletterpflanzen und anderen Epiphyten ermöglichen, so daß die Nahrungspyramide erhalten bleibt: Das Blattwerk dient den Pflanzenfressern als Futter, die ihrerseits Nahrung für die Gemischtkostfresser und diese wiederum für die reinen Fleischfresser sind.

Eichhörnchen und Affen stöbern in Ästen und Zweigen der höheren Wipfel, reicher Vorräte an Insekten, Nüssen, Früchten und zarten Blättern gewiß, wenig behelligt von fleischfressenden Genetten und Zibetkatzen, die hauptsächlich Vögel vertilgen. Vögel fallen gelegentlich einem Affen zum Opfer, haben aber mehr von Schlangen zu fürchten. Die Webervögel bauen in Baumkronen, an den Spitzen dünner Zweige, kunstvoll geflochtene kugelförmige Nester, deren Eingang manchmal in Form einer dünnen, halbmeterlangen Röhre konstruiert ist, die, am Zweig baumelnd, Schlangen vom Eindringen ins Nest abhalten soll.

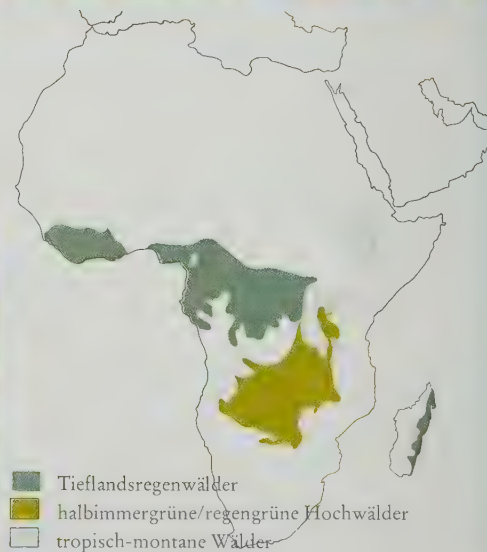
Zu den vierhundert Vogelarten im Regenwald gehören der Graupapagei, dem die beste Sprechbegabung unter den Papageien nachgesagt wird, und die Turakos, von denen manche ein prächtiges, intensiv rot und grün gefärbtes Gefieder tragen; die roten Schwungfedern enthalten einen charakteristischen roten Farbstoff, das Turazin. Die mangelhafte Fluchtüchtigkeit vieler Urwaldvögel ist bei der dichten Vegetation kein großes Handikap: Sie bewegen sich an Ästen und Lianen behende von Baum zu Baum.



Unten Das Okapi wurde erst 1900 entdeckt — ein scheues, mit der Giraffe verwandtes Tier, das in den Kongo-Wäldern lebt und sich von Blättern nährt, die es mit seiner langen Greifzunge von niedrigen Ästen abreißt.



Rechts Die Regenwälder Afrikas sind auf zwei Hauptgebiete konzentriert — die Südküste Westafrikas und das Strombecken des Zaïre. An der Ostküste Madagaskars liegt ebenfalls ein Urwaldstreifen mit eigenständiger Fauna und Flora.





Unten Das Flußpferd, Hippopotamus, ist heute auf Binnengewässer zwischen dem Nil-Oberlauf und den Sambesi-Flüssen beschränkt. Die Tiere bewegen sich nicht oft an Land; sie wälzen sich abends aus dem sumpfigen

Wasser, um ihren Hunger mit Pflanzennahrung zu stillen. Auf ihren Rücken tummeln sich Reiher: Sie warnen die Flußpferde vor Gefahren und erbeuten die von ihnen aufgeschreckten Insekten.



## MADAGASKAR – INSEL DER ZUFLUCHT

Rund ein Viertel Madagaskars ist mit Wald bedeckt, vorwiegend auf die unter dem ständigen Einfluß des Passats regenreiche Ostküste konzentriert, während die Wälder im Westen trockener und offener sind. Die Insel birgt eine eigenständige Welt von Vögeln und Tieren, von denen viele endemisch, also auf Madagaskar beschränkt sind. Die Tenreks, Lemuren und viele andere Tiere verdanken ihren Fortbestand der Abtrennung ihres Inselstandorts vom amerikanischen Kontinent, die früh in der Erdgeschichte erfolgte, und da diese Isolation viele möglichen Konkurrenten und Räuber fernhielt, konnte die Fauna zahlreiche Nischen besetzt halten.

Die Madagaskarrallen verfügen zwar über kurze Flügel, die sie jedoch nie zum Fliegen benutzen; sie haben ihre Flugunfähigkeit

genauso überdauert wie die Kiwis Neuseelands, deren Biotop ebenfalls isoliert ist. Die Tenreks, eine Familie der Insektenfresser, erinnern im Körperbau an Igel oder Spitzmäuse, so der schwanzlose Kleine Tenrek, *Echinops telfeiri*, oder der mausgroße Langschwanztenrek, *Microgale longicauda*. Die maulwurfähnlichen Reiswühler, *Oryzomys*, graben sich tief in die Erde ein und besetzen eine Nische, die anderswo wirkliche Maulwürfe einnehmen. Die Rolle der Wildkatze hat auf der Insel die Frettkatze oder Fossa inne; sie stellt kleinen Nagern, Vögeln und Lemuren nach. Der Sifaka (unten) ist einer der baumbewohnenden Lemuren, eine Gruppe von Halbaffen, die nur auf Madagaskar vorkommt und bestimmt unterginge, wenn sich die Affen aus Afrika auf der Insel niederließen.



Am Waldboden geht es ruhiger zu. Die Antilopen der afrikanischen Wälder sind scheue Kreaturen, so die zierlichen DUCKERS oder Schopfantilopen, die bei Gefahr sofort ins Unterholz verschwinden, in dem sie sich dank ihres gekrümmten Rückens flink bewegen. Die riesigen Waldwildschweine rotten sich in sumpfigen Waldteilen zusammen und gehen Eindringlingen ohne Vorwarnung zu Leibe.

Waldbüffel und -elefant, obwohl weit kleiner als ihre Verwandten aus der offenen Savanne, sind die größten Tiere des Regenwalds. Die Elefanten streifen, zu ausgedehnten Familienverbänden von rund hundert Mitgliedern geschart, durchs Unterholz, fressen Früchte, Blätter und ausgescharte Wurzeln und Knollen. Sie entfernen sich selten vom Wasser: Jeder Elefant trinkt etwa fünfzig Liter am Tag und nimmt des öfteren ein kühlendes Bad. Für die Regulierung der

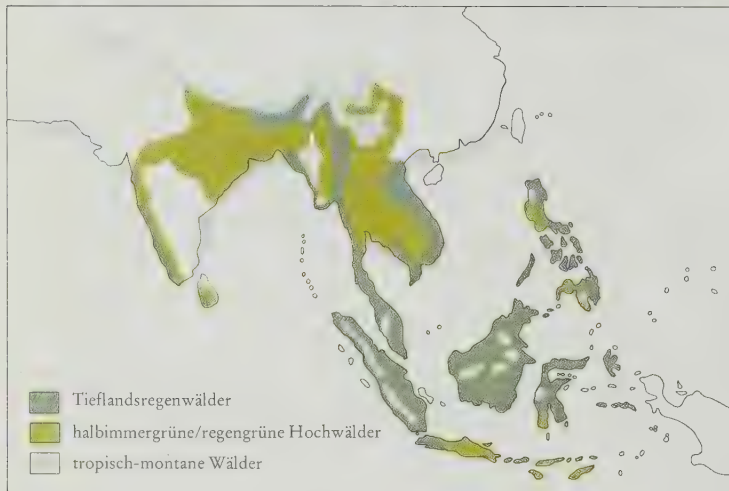
Körpertemperatur noch wichtiger ist die unaufhörliche Fächerbewegung ihrer riesigen Ohren, die bis 1,8 Meter lang und 1,5 Meter breit sind. Die Population von Waldelefanten nimmt rapide ab; ein Grund dafür ist Wildddieberei, ein anderer ihre zerstörerische Freßwut, durch die sie ihren eigenen Lebensraum vernichten.

Viele Tiere werden vom Jäger- und Sammlerstamm erlegt, der den Ituri-Wald bewohnt – ein rund 70 000 Quadratkilometer großes Gebiet im nordöstlichen Teil des zentralafrikanischen Regenwalds. Die Angehörigen dieses Pygmäenstamms haben durch lange Erfahrung soviel Geschick im Umgang mit dem Wald entwickelt, daß er ihnen einen Überschuß an Fleisch und Honig einträgt, den sie bei den benachbarten, den Wald aus abergläubischer Furcht meidenden Bantubauern gegen Feldfrüchte tauschen (siehe Seiten 112/113).

Die Hauptursache für die Zerstörung der Wälder war der Klimaumschwung. Geologische Funde wie Elefantenfossilien, auf die man bis in den Norden des Kontinents allorts stieß, lassen den Schluß zu, daß die letzte große Regenzeit rund 6 000 Jahre zurückliegt. Seit dieser Zeit sind die Wälder drastisch geschrumpft und durch unfruchtbare Wüstenzonen abgelöst worden. Die Menschen fügten dem Wald erst seit dem 19. Jahrhundert ernsthaften Schaden zu, als sie begannen, seine wertvollen Hölzer, so die afrikanischen Mahagonihölzer der *Khaya*-Bäume, Abachiholz von *Triplochiton scleroxylon* und die begehrten Ebenhölzer diverser *Diospyrus*-Arten zu schlagen. Noch weit zerstörerischer wirkten sich Ackerbaurodungen aus. Die Unzugänglichkeit der zentralafrikanischen Wälder und die fast vollständige Autarkie vieler Waldstämme haben die Holzausbeutung gebremst.



# Indomalaysia



Oben Die Zweiflügel-fruchtbäume des Haranutigala-Waldes im Süden von Sri Lanka sind in das helle, durch die Monsunwolkendecke gleichmäßig verteilte Licht getaucht. Dipterocarpus-Arten herrschen in den feuchten Tropenwäldern Malaysias und Borneos vor.

Links Die Regenwälder Indomalaysias sind außerordentlich vielfältig: Sie bergen buchstäblich Hunderte von Baumarten, die lockere Mischbestände bilden. Diese Vielfalt wird noch durch Orchideen und Schlinggewächse bereichert.

Indomalaysia umfaßt den indischen Subkontinent (die malaiische Halbinsel eingeschlossen), Sumatra, Java, Borneo und die Philippinen sowie Tausende unbesiedelter Inseln. Vermutlich gibt es kein zweites Waldgebiet, das so reich an Baumarten und tropischen Handelslaubhölzern ist wie diese Region. Auf der malaiischen Halbinsel gedeihen ungefähr 8 000 Arten von Blütenpflanzen, und der Pflanzenreichtum Borneos läßt sich mit dem Hinweis, daß diese Insel allein rund 270 Arten von *Dipterocarpus* birgt, höchstens andeuten.

In den indomalaiischen Regenwäldern wächst eine große Anzahl verwandter Arten, allesamt Mitglieder der Zweiflügelfruchtwachse-Familie, *Dipterocarpaceae*, auf engstem Raum nebeneinander. Sie sind in dieser Region sowohl als höchste Bäume wie als Baumnachwuchs vorherrschend, wenn auch verschiedene Leguminosen diese Monopol-

stellung in den oberen Waldschichten geltend machen anfechten.

Es überrascht vielleicht, daß so viele verwandte Arten so dicht nebeneinander bestehen; da ähnliche Arten ähnliche Ansprüche an die Umgebung stellen, intensiviert sich der Konkurrenzkampf unter Umständen so stark, daß einige davon ausgelöscht werden. Die laufende Anpassung der Arten an engumgrenzte Standorte bei den Zweiflügelfruchtbäumen und anderen Familien mag sich zum Teil aus dem seit langer Zeit unveränderten Klima in diesem Raum erklären; eine weitere plausible Erklärung ist der Einfluß pflanzenfressender Tiere.

Da die Samenverteilung der *Dipterocarpus*-Bäume relativ schlecht ist, so daß die Mehrzahl der Sämlinge am Fuß des Elternbaums aufwächst und Pflanzenfressern ein örtlich beschränktes Nahrungsangebot liefert, wird die Gesamtheit der Individuen

Unten In das Wasser eines Tümpels im Dschungel eingetaucht, entrinnt der Bengaltiger der Hitze des Tages. Da es an großen Baumtieren fehlt, muß er am Boden leben und jagen.

Rechts Indisches Panzernashorn, Java- und Sumatra-Nashorn haben in Teilen ihrer früheren Biotope überlebt. Sie werden jedoch wegen ihrer Hörner erbarmungslos gejagt.

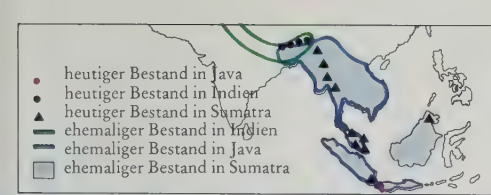


jeder einzelnen Baumart in Grenzen gehalten. Dadurch ist es anderen Bäumen möglich, sich in der Nähe anzusiedeln, und die Bildung von Reinbeständen wird verhindert. Die Verbreitung der Arten in der Pflanzengesellschaft wird weitgehend von Insekten und anderen Tieren bestimmt, die in dieser Gesellschaft leben, während die Pflanzen ihrerseits die Tierpopulationen beeinflussen.

Eine ganze Reihe von Insekten hat erstaunliche Tarnungen oder Formen der Mimikry entwickelt. Die auf Bäumen und Sträuchern lebenden Grillen und andere Grashüpfer nehmen die Laubfärbung in jeder Phase des Blattwachstums und -zerfalls an. Die schwarzweiß gefleckte Krabbenspinne, in ihrer Farbe einem Spritzer Vogelkot verblüffend ähnlich, verschmilzt vollkommen mit ihrem eigenen weißen Seidennetz.

Die indomalaiischen Ameisenpflanzen *Myrmecodia*, *Hydnophytum* und *Dischidia*





## KRAKATUA

Der Vulkanausbruch auf dieser zwischen Java und Sumatra gelegenen Insel im Jahr 1883 verändert die Topographie der Inseln vollständig, löschte buchstäblich alles Leben aus und gab so den Ökologen Gelegenheit, die stufenweise Wiederbesetzung des Geländes durch Pflanzen und Tiere zu studieren. Binnen dreier Jahre hatten sich 34 Pflanzenarten angesiedelt, darunter blaugrüne Algen, Moose und Farne — alle mit leichten, vom Wind verbreiteten Samen. Zu den weiteren Frühankömmlingen gehörten vier Orchideen, ebenfalls mit leichten Samen, und *Cocos nucifera*, deren Samen, die Kokosnuß, zwar schwer, aber dicht gegen Meerwasser ist und am Strand keimt, nachdem sie von Regenwasser getränkt wurde. *Cyrtandra*, eine seltene javanische Waldart, hatte anfänglich eine große Verbreitung, wurde aber dann durch vorherrschende Waldbäume abgelöst. Dank der zunehmend üppigen Vegetation ist die Tierpopulation stetig gewachsen und zählt heute über sechshundert Arten, darunter Eidechsen, Krokodile, Pythons, Ratten, Fledermäuse und viele Vögel. Diese Reihenfolge in der Wiederbelebung durch Pflanzen und Tiere fördert auch die Regeneration des Waldes.



werden als Gegenleistung für die Unterkunft, die sie Ameisen geben, von ihnen gegen sämtliche Feinde geschützt. Andere Pflanzen verteidigen sich durch die Absonderung giftiger chemischer Verbindungen (Alkaloide, Gerbstoffe und Harze), die nur für einen oder zwei Pflanzenfresser genießbar sind. Die Feigenbäume veranschaulichen eine weitere Art und Weise, wie Pflanzen und Tiere gemeinsam ihren Fortbestand sichern. Die Echte Feige trägt nur fruchtbare weibliche, die Ziegenfeige fertile männliche und sterile Gallenblüten, deren Behälter der Feigengallwespe als Paarungs- und Eiablageplatz dienen. Während die Männchen nach der Befruchtung der weiblichen Wespen sterben, streifen diese beim Verlassen der Blüte den Pollen von der männlichen Blüte ab und übertragen ihn bei ihrer Suche nach neuen Eiablagestellen auf die Blüten der Echten Feige.

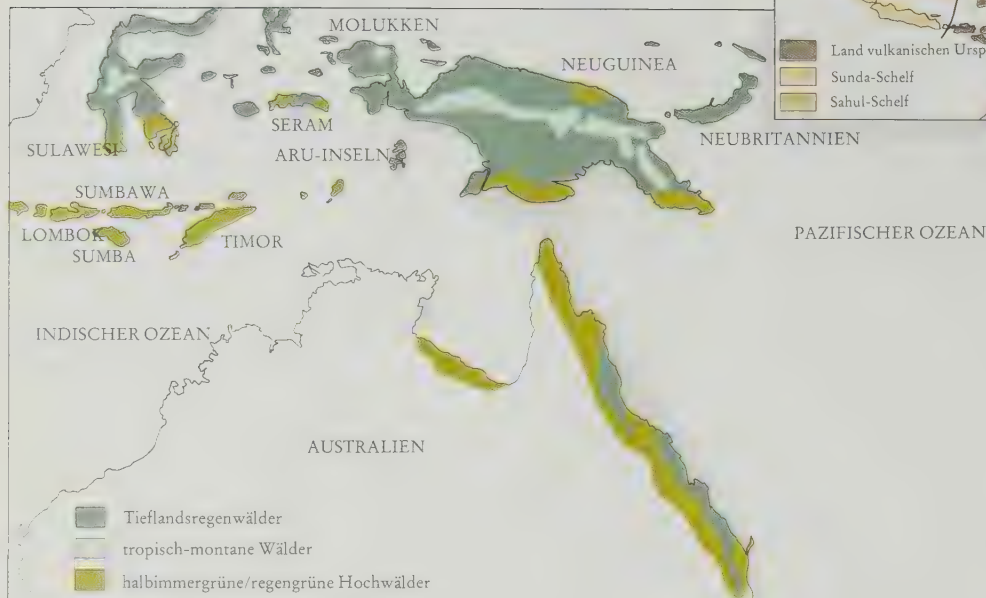
Die Vielfalt der Säugetiere — Elefanten, Nashörner, Tapire, Wildschweine, Tiger, Panther, Marmorkatzen und zahlreiche Primaten — ist ein weiteres Kennzeichen des indomalaiischen Regenwaldes. Die Tiger, deren bevorzugte Beutetiere Wildschwein, Hirsch und Antilope sind, genießen im Dschungel uneingeschränkte Freiheit. Unbehelligt von anderen Tieren, suchen sie sich manchmal morastige, stets aber die schattigsten, dichtestbewachsenen Stellen des Waldes aus, um sich in den heißesten Stunden des Tages wohligh auszustrecken. Die weit kleinere und leichtere Marmorkatze hat als Baumbewohner genug turnerische Begabung, um durch das Laubwerk der höheren Waldschichten huschende Eichhörnchen, Ratten und Vögel zu packen. Der bis zweieinhalb Meter lange Schabracken-Tapir mit seinem eleganten, in Art-Déco-Manier schwarz-weiß-schwarz gestreiften Pelz ist an das

Leben auf dem von Sonnenkringeln erhellten Waldboden gut angepasst. Leider sterben die meisten dieser Tiger, namentlich Tiger und Nashörner, allmählich aus, weil sie Jägern zum Opfer fallen oder weil ihre natürlichen Biotopie ganz einfach verschwinden.

Die Holzfäller, von der großen Dichte der Handelsholz liefernden Bäume angezogen, haben bis heute nur einen kleinen Teil der Millionen von Hektar Wald in Malaysia und Indonesien geschlagen, doch immerhin brachte der Holzhandel — vorwiegend auf Teakholz sowie von *Shorea* und verwandten Arten stammendes Rotes und Weißes Luan spezialisiert — dem Gebiet 1979 fast 1,5 Millionen Dollar ein. Der indomalaiische Raum trägt zur Weltproduktion von Tropenlaubhölzern über achtzig Prozent, zur Gesamtproduktion von Wildkautschuk neunzig Prozent bei und liegt auch auf dem Weltmarkt von Palmöl an der Spitze.



# Australasien



Zu Australasien gehören, biogeographisch betrachtet, Australien, Tasmanien, Neuguinea, Neuseeland und eine Vielzahl von Inseln, die sich zwischen Neubritannien und den Fidschiinseln östlich und südlich des australischen Festlands über den Pazifik ausbreiten, außerdem Timor, die Molukken und Lombok, die nördlich und westlich Australiens im Indischen Ozean liegen.

Diese Region zeichnet sich durch eigenständige Tier- und Pflanzengesellschaften aus, die sich stark von Fauna und Flora des im Norden angrenzenden indomalaiischen Gebiets unterscheiden. Dieser Unterschied ist darauf zurückzuführen, daß die Heimatinseln dieser beiden Tier- und Pflanzengruppen auf zwei verschiedenen, durch tiefe Meerestiefen getrennten Schelfen liegen.

Die australasiatischen Regenwälder sind auf zwei Gebiete begrenzt: auf die Küste von Queensland in Australien und auf Neuguinea. Diese Insel ist dank ihrer Größe und ihren Klimabedingungen fast vollständig von einem der größten tropischen – immergrünen und halbimmergrünen – Regenwälder der Erde bedeckt.

Vom botanischen Gesichtspunkt aus betrachtet, mag Neuguinea die arme Verwandte Borneos sein, es besitzt aber trotzdem einen ansehnlichen Bestand heimischer Baumarten, darunter ein paar asiatische Zweiflügelfruchtbäume aus der Familie *Dipterocarpaceae*, die vermischt sind mit australischen Eukalyptus- und Kasuarinen-Arten. Die Riesen-Zweiflügelfruchtbäume, die in verschwenderischer Zahl auf Borneo wachsen, kommen in Neuguinea deshalb seltener vor, weil ihre Vermehrungsfähigkeit relativ schwach ist. Die wenigen Arten von *Dipterocarpus*, die ihre Migration aus Borneo erfolgreich überstanden haben, so *Anisoptera*, *Hopea* und *Vatica*,

werden allmählich von *Canarium*, *Eugenia* und *Lithocarpus* verdrängt.

Daß Neuguinea unmittelbar südlich des Äquators liegt, wird durch die Abwesenheit der Kiefer bestätigt, obwohl es reicher an Nadelhölzern ist als alle übrigen Inseln des Malaiischen Archipels. Die Wälder beherbergen die im wesentlichen auf die Südhalbkugel beschränkten Koniferen *Agathis*, *Dacrydium*, *Podocarpus*, *Araucaria* und *Papuacedrus*; die beiden letzten Gattungen sind im Fernen Osten sonst nirgendwo vertreten. Die meisten Nadelhölzer wachsen am unteren Rand der montanen Wälder; *Agathis* und *Podocarpus* indes sind über alle Regenwälder des Flachlands verstreut.

Da sich die meisten Tiere weniger leicht verbreiten, wenn sie Gewässer durchqueren müssen, ist die Fauna für die Region typischer als die Flora. Neuguinea und Australien sind immer noch Hochburgen der Beuteltiere.

In den Wäldern Neuguineas gibt es mehr Vogelarten als in Borneo, darunter die wunderschönen Paradiesvögel. Die Pracht dieser Tiere, die einzeln von Hand geformt und bemalt scheinen, entzieht sich jeder Beschreibung. Fast alle der rund vierzig Arten sind in Neuguinea heimisch; die übrigen kommen in Australien, Neuseeland und auf den Molukken vor. Die Paradiesvögel, ebenso wie die zauberhaften Vogelfalter mit Flügelspannweiten bis dreißig Zentimeter, sind zum beliebten Jagdobjekt der Jäger geworden. Für einen einzigen Schmetterling werden bis zu tausend Dollar bezahlt, und 1978 wurden monatlich zweitausend Bälge von Paradiesvögeln aus Indonesien exportiert – vorwiegend Schmuggelware aus Neuguinea.

Die zweite spektakuläre Vogelart Neuguineas ist der Kasuar. Die drei Varianten

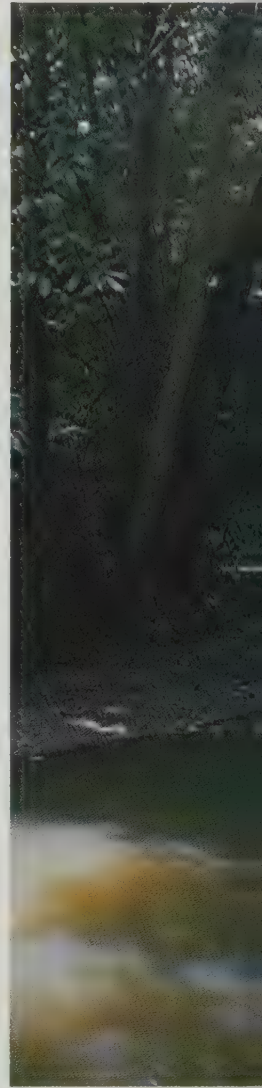
Links Die Küsten sind von Mangrovewäldern gesäumt. Die Flachlandflora ist vorwiegend indomalaiisch und setzt sich aus Zweiflügelfruchtbäumen sowie Arten von *Pometia*, *Vitex* und *Celtis* zusammen, während in den Bergen die australasiatische Vegetation überwiegt. Sie umfaßt die eher in gemäßigten Zonen heimischen Südbuchen, für Queensland typischere Kiefern aus der *Araukarienfamilie* und andere Koniferen der Südhalbkugel, etwa die Bergzeder *Neuguineas*, *Papuacedrus*.



Oben Der Kasuar, ein fluguntauglicher Laufvogel der australasiatischen Regenwälder, nährt sich hauptsächlich von gefallenen Früchten. Bei Gefahr flieht er mit großer Geschwindigkeit durchs Unterholz.

Rechts Die tropischen Tieflandwälder Neuguineas sind von verschlammten Bächen durchsetzt. An bewaldeten Ufern, wo Licht bis zum Erdboden vordringt, wächst ein undurchdringliches Dickicht grünen Unterwuchses, das im Waldinnern völlig fehlt. Vor hundert Millionen Jahren setzten sich die Wälder im Inneren vorwiegend aus den heute seltenen Araukarien- und *Agathis*-Hölzern zusammen, die eine geringe Vermehrungsfähigkeit haben und später mit den entwicklungs-geschichtlich jüngeren Blütenbäumen konkurrieren mußten.

Links Naturgeschichtliche Beobachtungen im Malaiischen Archipel waren die Grundlage für Wallaces eigenständigen Beitrag zur Evolutionstheorie durch natürliche Auslese. Aus der Verbreitung der Arten in diesem Gebiet schloß er, daß in der Vergangenheit durch tiefere Wasserpegel verursachte Landbrücken zwischen dem asiatischen Festland, Sumatra, Java und Borneo einerseits und zwischen Australien und Neuguinea andererseits bestanden, hielt aber dennoch an der Trennung zwischen indomalaiischer und australasiatischer Region fest. Die Wallace-Linie markiert die Grenze des indomalaiischen Kontinents. Diese Linie zeigt auf, daß die Verbreitung von Beuteltieren und fluguntauglichen Vögeln auf Australasien beschränkt ist. Das Baumkänguruh (rechts) als größter Säuger Neuguineas ist mit seinen kräftigen Schwanz und den verkürzten Hinterbeinen gut an das Leben auf Bäumen angepaßt.





## KROKODILZUCHT

Die Regierung Neuguineas hat begonnen, Krokodile in Farmen zu ziehen, um die Nachfrage nach den begehrten Häuten zu decken. Allerdings sind die in Farmen gezüchteten Krokodile oft aus Eiern geschlüpft, die

in der freien Natur gesammelt wurden. Das Argument, die Flüsse könnten dank dieser Farmen mit Krokodilen wiederbesiedelt werden, darf man daher nicht allzu ernst nehmen.



stehen unter Schutz und gelten bei den Bewohnern der Hochlande als Statussymbol.

Das ursprüngliche Areal der australischen Regenwälder wurde durch Schlagen von Nutzholz und Rodungen zur Gewinnung von Land für Milchviehzucht und Zuckerrohranbau auf die Hälfte reduziert. Ein Jahr nach Ankunft der ersten weißen Siedler, die 1873 nach Queensland kamen, waren an die 21 000 Festmeter der Rotzeder *Toona australis* geschlagen und verschifft worden.

Diese Wälder, halbimmergrün und weniger üppig als in Neuguinea, sind ebenfalls von Kasuaren besiedelt. Zu den übrigen Waldbewohnern zählen, genauso wie in Neuguinea, der kuschelig-weiche Kuskus mit seinen großen, vorquellenden Augen, das Baumkänguruh, das seine Klettergewandtheit scharfen Krallen und Haftpolstern an den Pfoten verdankt, und der weiße Streifenkletterbeutler, der auf dem Rücken drei dunkle Längsbänder trägt.

Zwar wohnen in den Wäldern Neuguineas ein paar isolierte Stämme von Jägern und Sammlern, doch der Großteil der Bevölkerung lebt vom Wanderfeldbau, der in den vom Regenwald umschlossenen Tälern betrieben wird. Von den 251 auf der Insel als Nahrung verwendeten Pflanzenarten werden indes nur 17 Prozent kultiviert; 63 Prozent werden in Wald, Savanne und Grasflur gesammelt. Die starke Abhängigkeit der Inselbewohner vom Wald und der Einfluß dieser Bindung auf die Nationalkultur dürften ein einmaliges Phänomen sein. Die traditionelle Lebensweise der Bevölkerung Neuguineas gewährleistet den Fortbestand der Inselwälder, während die Zukunft der Wälder Australiens, wo solche Traditionen fehlen, zu Sorge Anlaß gibt.



# Der Nebelwald

Viele Tropengebirge sind ständig von einer Decke aus Wolken und Nebel umgeben, die die niedrigen Gipfel verhüllt, während die höheren den Nebel durchstoßen. Wenn diese Dunstschicht auch die erhabene, geheimnisvolle Erscheinung tropischer Berge unterstreicht, gehört sie keineswegs zu den Annehmlichkeiten des Lebens. Selbst bei Sonnenschein ist die Luft von einer alles durchdringenden Feuchtigkeit geschwängert.

Dieser Wechsel von der nassen Hitze des Tieflands zur kühleren Feuchtigkeit der tropischen Berghänge ist mit einer Veränderung der Vegetation verbunden: Der Umfang der Bäume vermindert sich allmählich, die Blattgröße nimmt ab, das Laub wird zäher. Die von Brettwurzeln umringten Giganten des Regenwalds kommen selten in Waldungen vor, die höher als hundert Meter über Meer liegen.

Die Nebeldecke begünstigt ganz besonders das Wachstum von Epiphyten, für die in der feuchtigkeitsgesättigten Luft keine Austrocknungsgefahr besteht. Mit einem Gefäßsystem ausgestattete Epiphyten wie Bromelien und Orchideen umschlingen die Bäume in den mittleren Höhenlagen, während gegen die obere Waldgrenze Moospflanzen vorherrschen, die oft in Girlanden von den Ästen herabhängen und auf dem Waldboden tiefe Kissen bilden.

An der oberen Baumgrenze, die auf rund 3500 Metern Höhe liegt, sind die Bäume knorrig, verkrüppelt und von zwergenhaftem Wuchs: Das dicke lückenlose, immergrüne Walddach, zu dem sie sich zusammenschließen, ist kaum über einen Meter hoch.

Viele Bergwaldbäume besitzen Luftwurzeln, die, vermutlich zur Erhöhung der Nährstoffzufuhr, aus den Ästen zum Boden hinabtreiben. Palmen und Schraubenbäume besitzen schräg aus dem Stamm ragende Stelzwurzeln, eigens dazu bestimmt, den Bäumen im lockeren Gebirgsboden zusätzlichen Halt zu geben.

Die vollständige Zonenabfolge der Bergvegetation – vom Tieflandsregenwald über den Nebelwald und den alpinen Bereich bis hinauf zum ewigen Schnee – findet sich in allen drei Tropenregionen der Erde. Im Fernen Osten bilden die Bergwälder eine lange, unterbrochene Kette von «Inseln», manche durch das Meer, andere durch dazwischenliegendes Flachland getrennt. Aber auch das größte zusammenhängende Bergwaldareal der Erde befindet sich in diesem Gebiet – der montane Wald im Hochland Neuguineas.

Auch in Afrika ziehen sich die Bergwälder wie aneinandergereihte Inseln hin, die sich, mit ein paar abgesprengten Teilen in Westafrika, im Osten über die gesamte Länge des Kontinents erstrecken. In der Neuen Welt kommen inselartige Wälder im Bergland der Antillen und Guayanas vor, wäh-



Links Die Berge des Hochlands von Guayana steigen zwischen den Flußstälern von Amazonas und Orinoco steil aus dem Tiefland Brasiliens, Venezuelas und Guayanas empor. Die Bergplateaus haben eine verkümmerte Vegetation hervorgebracht; sie ist jedoch reich an endemischen Arten, die sich isoliert in Jahrmillionen herausbildeten.

Unten Auf 2 000 m Höhe umhüllt eine Wolken-schicht die Chocó-Berge in Kolumbien. Über der Wolkendecke sind die Wälder gleißendem Licht ausgesetzt; die Vegetation ist an den geringeren Feuchtigkeits-grad und die größeren Temperaturwechsel dieser Zone angepaßt.





rend sich zusammenhängende Waldzonen in den Sierras von Mittelamerika und den Anden Südamerikas finden.

Das Bergland Guayanas besteht aus eigenartigen, tafelbergartig abgeplatteten Gebirgsstöcken, deren magere Böden eine zwar gestrüppartige, aber an endemischen Arten reiche Flora hervorgebracht haben, die sich im Laufe vieler Jahrtausende in völliger Isolation herausbildete. Die steilen, tieferliegenden Hänge jedoch sind bewaldet und häufig in Nebel gehüllt. Teile des Roraima sind mit feuchtem «Schleimwald» überzogen, in dem eine dicke Schicht schwarzen Pflanzenschleims Baumschäfte, -äste und sogar den Boden bedeckt.

Die tropischen Bergwälder sind sich überall auf der Erde sehr ähnlich, sowohl im Hinblick auf ihre horizontale Gliederung wie auf die Art der Pflanzen, die sie enthalten. Die Steineiben der Gattung *Podocarpus*, ob-

wohl in warmgemäßigten Klimaten im Flachland heimisch, kommen in den Tropen des Fernen Ostens, in Afrika und Südamerika stets in recht hohen Lagen vor. Auch die Familie der Heidekrautgewächse, *Ericaceae*, ist gegen die obere Grenze der meisten feuchten Tropenbergwälder zahlreich vertreten. Doch wenn auch eine enge Verwandtschaft zwischen den Bergwaldgewächsen besteht, so sind die Arten, die diesen Gattungen und Familien angehören, vom einen tropischen Erdteil zum anderen und oft von Bergkette zu Bergkette verschieden.

Da die Pflanzen des montanen Waldes meist langsamer wachsen als im Tiefland, bietet er weniger Nahrung für Tiere, so daß die Vielfalt der Bergwaldfauna gewöhnlich gering ist. Im Gebirge kommen nur wenige Gliedertiere, Vögel und Reptilien vor, wenn auch zahlreiche Säugetierarten auf den unterschiedlichsten Höhen leben.

Der Bergwald wird seit jeher von Menschen bewohnt. Für die Bergstämme Neuguineas sind die Waldlande seit Jahrtausenden Obdach und Nahrungsquelle zugleich. Da sich Naturwälder nach der Feldbaurodung nur langsam verjüngen, sind die mit ursprünglicher Vegetation bewachsenen Flächen in diesem Gebiet beträchtlich geschrumpft.

In den Anden Perus waren es die Inkas, die in den höheren Lagen umfangreiche Bestände von Gebirgswald einschlugen, um Lamas und Alpakas zu weiden und Kartoffeln und andere Feldfrüchte zu ziehen. Heute üben die «rationellen» Techniken der Holzernte weltweit eine zerstörerische Wirkung auf großflächige Bergwaldareale aus: Nach der Beseitigung von Bäumen wird das Erdreich abgetragen, so daß der Boden seine Fruchtbarkeit verliert und der Wald nicht regeneriert.

Rechts Der Kondor der Anden, *Vultur gryphus*, ist mit 3,5 m Flügelspannweite der größte flugtüchtige Vogel der Erde. Mit seinen scharfen Augen erspäht er, hoch über den Hängen kreisend, die geringste Bewegung von Beutetieren.

Unten Die Vegetation dieses auf 3 300 m Höhe wachsenden Waldes in Ecuador verdankt ihre Üppigkeit der kühlfeuchten Bergluft. Durch das lockere Kronendach der oberen Waldschicht dringt genug Licht ein, daß die Kriechpflanzen Blätter zu treiben vermögen, ehe sie die Wipfel erreichen.





# Halbimmergrüne und Trockenwälder

Unten Die periodische Trockenheit in Kenia dörrt die locker von Akazien besetzte Savanne aus. Absterbende Bodenvegetation und Wassermangel zwingen Zebra und Gnu, neue Weideplätze zu suchen. Die Bäume nehmen das

Ende der Dürrezeit vorweg und entfalten ihr Laub eine ganze Weile vor dem Einsetzen des Regens. Viele Tiere, die das bevorstehende Sprießen des jungen Grases wittern, stellen sich vorzeitig auf dem Weideland ein.



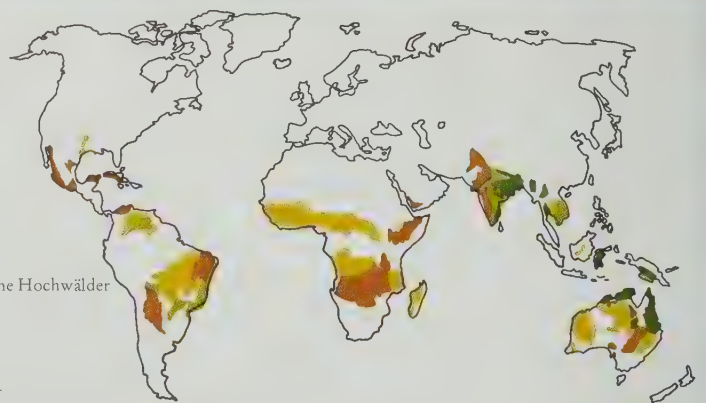
Mit wachsender Entfernung vom Äquator sind die Niederschläge immer mehr von Jahreszeiten abhängig; die Wälder müssen deshalb zunehmend lange Dürreperioden durchstehen, in denen zum Wassermangel hohe Temperaturen hinzukommen. Wenn die Trockenzeit über zweieinhalb Monate dauert, werden die Regenwälder nach und nach von Gehölzen und Savannen verdrängt, wo Pflanzen mit Trockenheitsanpassung vorherrschen. Der Wechsel vom immergrünen zum laubwerfenden Charakter vollzieht sich allmählich: Er beginnt in den oberen und nachwachsenden Baumschichten und erfasst mit zunehmender Länge und Intensität der Trockenheit auch die niedrigeren Stufen. Durch Kombinationen von Dauer und Ausmaß der Dürrezeit, Bodenbeschaffenheit und Auswirkungen von Feuer, Mensch und Tier entsteht eine ganze Reihe unterschiedlicher Waldformationen, darunter halbimmergrüne Wälder, Trockenwälder und Dornwald.

Diese ganz oder teilweise laubwerfenden Tropenwälder, der *Cerrado* Brasiliens, der «immergrüne Trockenwald» in Westafrika und die – niederschlagsreicheren – Monsunwälder Indonasiens unterscheiden sich von den tropischen Tieflandsregenwäldern durch die geringere Größe der höchsten Bäume, die oft recht dicken Rinden der Stämme und die weniger umfangreichen Brettwurzeln.

## WELTWEITE VERBREITUNG

Die Tropenwälder, jahreszeitlichen Klimaschwankungen ausgesetzt, bergen eine Fülle von Arten, wenn auch jede einzelne Art mit ähnlichen Anpassungen auf Dürrezeiten reagiert. Die Bäume sind oft niedrig und sukkulent.

- halbimmergrüne/regengrüne Hochwälder
- Dornwald
- Savanne
- regengrüne Trockenwälder



Die charakteristischen Monsunwälder Indonasiens sind die laubwerfenden Areale von Teakbäumen, *Tectona grandis*, in Thailand und Burma und die Salwälder Indiens. Einer der häufigsten regengrünen Bäume ist der Schmetterlingsblütler *Xylia xylocarpa*, der sich gern dem Teakbaum zugesellt.

Die regengrünen Trockenwälder finden sich in Gegenden mit ausgedehnter – zumindest fünf Monate während – ununterbrochener Trockenheit. Sie wachsen in den Regenschattengebieten Westindiens, Mittelamerikas und Brasiliens, in Afrika sowie in den trockenen Zonen des Monsungürtels von Indien, Burma und Thailand. In der Regel sind sie aus zwei deutlich unterscheidbaren

Baumschichten zusammengesetzt, von denen die obere vorwiegend laubwerfend und aufgelockert und die untere meist immergrün und dicht verwachsen ist. Die Kronen des Jungwuchses sind schirmförmig oder abgeflacht, im Gegensatz zu den eher konischen Jungbäumen der feuchten Monsunwälder. Schlinggewächse und Epiphyten gibt es sehr wenige, eine erwähnenswerte Grasboden-decke nur in Afrika.

Die regengrünen Trockenwälder Afrikas erstrecken sich von Angola bis Tansania, nördlich bis zum Sudan, und bedecken außerdem den Großteil Westafrikas. Die Eingeborenen nennen den Wald in Tansania *Miombo*: Die meisten Bäume sind nur rund



Unten Jahreszeitliche Monsunwinde bringen in Indomalaya zu verschiedenen Zeiten im Jahr sowohl trockenes wie feuchtes Wetter. Der westliche Monsunwind leitet im Juni die Regenzeit ein, die, mit ausgiebigen täglichen Nie-

derschlägen, bis zum September dauert. In den Khasi-Bergen zwischen Indien und Bangladesch wurden in 24 Stunden 870 mm Niederschlag gemessen, während an der Atlantikküste pro Jahr nur 1375 mm fallen.



## JAHRESZEITLICHE REGENFÄLLE UND WINDE

Die Jahreszeiten in den Tropen und Subtropen werden hauptsächlich vom Rhyth-

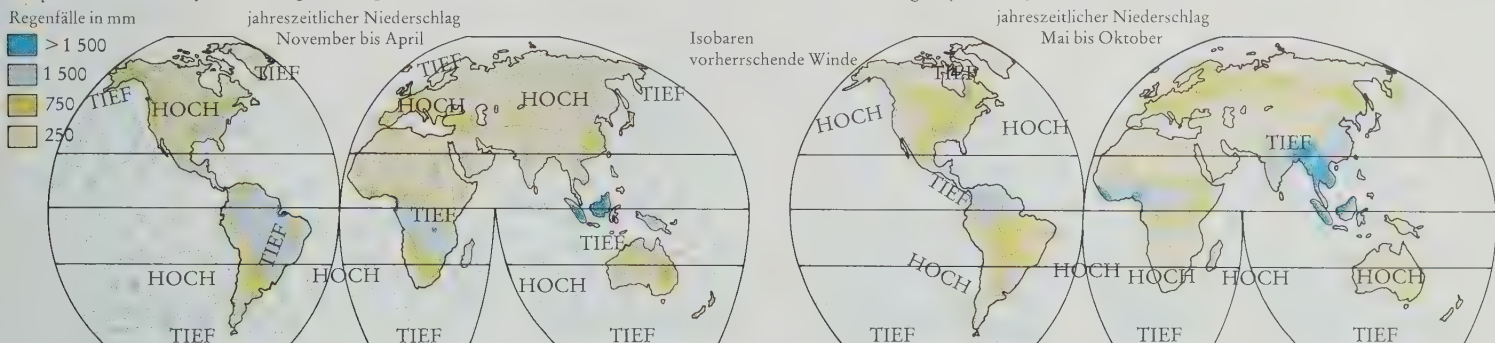
mus der Regenfälle im Jahresverlauf bestimmt. Ein Vergleich zeigt, daß sich die

Niederschläge vorwiegend auf den Sommer konzentrieren. Auch in Mittelamerika

herrscht ein sommerfeuchtes Klima. In beiden Fällen ist die Windrichtung maß-

gebend für den Regenfall; diese ändert sich im Lauf des Jahres, weil zwischen Mee-

ren und Kontinenten Temperaturunterschiede auftreten.



15 Meter hoch, und das Walddach, das sie mit ihren flachen Kronen bilden, ist zu sechzig bis achtzig Prozent geschlossen. Die Dürreperioden dauern ungefähr sieben Monate und sind häufig vollkommen niederschlagslos; die Folge davon ist ein starker jahreszeitlicher Kontrast im Erscheinungsbild der Bäume. Bei einsetzender Trockenheit werfen sie ihre Blätter; Gras und Kräuter sterben ab, und der ganze Wald sieht öde, braun und — mit den grauen, in der sengenden Hitze flimmernden Stämmen der Miombo-Bäume — fast leblos aus. Das frische Laub entwickelt sich vor Beginn der Regenfälle, die den Wald mit roten, rosa-, lachs- und kupferfarbenen Tönen neu beleben.

Im lichten Dornwald Nordost-Brasiliens — *Catinga* — gibt es zu keiner Zeit im Jahr regelmäßige Niederschläge; da also der Laubwurf als wichtigste Maßnahme der Wasserehaltung nicht angemessen ist, haben die meisten Bäume ihre Blätter zu Stacheln zurückgebildet. Die Hauptschicht der Dornbüsche ist mit Sukkulenten und Xerophyten — dickstämmigen *Cavanillesia*-Flaschenbäumen, Kakteen und an trockene Standorte angepassten Palmen — durchsetzt, während die Bodendecke weitgehend aus Kakteen und kriechenden Bromelien besteht. Die Dorn- und Sukkulenten-Savannen Afrikas sind kümmerlicher: Unter vergleichbaren Umweltbedingungen gedeihen Affenbrotbäume,

*Adansonia digitata* (Exemplare dieses Baumes können riesige Mengen an Wasser in ihrem Stamm speichern), und verstreut wachsende, stachelbewehrte Akazien.

Zwischen den Pflanzen der jahreszeitlich trockenen Tropenzone der Erde bestehen ausgeprägte Unterschiede. Im indomalaischen Raum, wo die Monsunwinde regelmäßig jedes Jahr Regen bringen, ist die Vegetation üppiger als in den entsprechenden Zonen Afrikas und Südamerikas. In Afrika ist der Wechsel vom immergrünen Regenwald zur offenen Baumsavanne, vermutlich wegen der Überweidung der Grasflächen, ziemlich abrupt, während er sich in Südamerika allmählich vollzieht.



# Die Mangrovesümpfe

## MANGROVE: ZONENBILDUNG

In der Mangrove sind die Baumtypen in deutlich erkennbare Zonen gegliedert, in denen jede Gattung den ihrer Unempfindlichkeit gegen Überflutung entsprechenden Standort einnimmt. Die Pionierarten von *Avicennia* und *Sonneratia* bilden kurze, bis dicht unter den Wasserspiegel reichende Atemwurzeln aus, die den Schlamm auffangen. Hinter dieser vordersten Linie besiedeln Arten von *Rhizophora* den dem Meer abgerungenen Schlamm; mit ihren Stelz- oder Stützwurzeln konsolidieren sie den Landgewinn und stocken das Terrain weiter auf. In der nächsten Zone stehen die höherwüchsigen Arten von *Bruguiera* eng beieinander und machen dann den buschförmigen *Ceriops*-Arten Platz. Der innere, an den Tropenwald grenzende Gürtel ist vielfälti-

ger: Er birgt Arten von *Xylocarpus*, *Bruguiera* und *Rhizophora*. Die Nähe des Waldes ermuntert Epiphyten wie *Dendrobium*-Orchideen zur Ausdehnung ihrer Areale.



*Avicennia*

*Rhizophora*

*Bruguiera*

Eine Mangroveformation an der Küste von Queensland in Nordostaustralien. Artenzusammensetzung der Mangrove und Abgrenzung der einzelnen Zonen voneinander hängen von örtlichen Niederschlagsmengen und

Grad der Entwässerung ab. Jede Zone zeichnet sich durch eine vorherrschende Baumart aus und birgt ihre eigene Fauna. Algen, Austern und Muscheln klammern sich an die Atemwurzeln von *Avicennia*, wo ihnen ein regel-

Wo Tropenwälder, Flußmündungen und Meeresküsten zusammentreffen, findet sich eine seltsame Welt, die weder dem Land noch dem Wasser angehört. Gedeckt von Korallenriffen, stoßen Bataillone von Bäumen ins Meer vor, um zumindest einen Teil des Landes zurückzuerobern, das sie jährlich durch Erosion verlieren. Diese komplexen, aber wohlgeordneten Kampfverbände von salzunempfindlichen Bäumen sind unter dem Namen Mangrove bekannt.

Im Kampf ums Überleben in einer feindlichen Umwelt, wo der Bodensauerstoff fehlt und hohe Salzkonzentration die Wasseraufnahme erschwert, hat die Mangrove einzigartige Verteidigungsmechanismen entwickelt. Umgebildete Wurzeln – Atemwurzeln oder Pneumatophoren –, die bei Ebbe aus dem Schlamm emporragen, absorbieren Luftsauerstoff und leiten ihn den im Schlick begraben Wurzeln zu. Die Blätter der Mangrove sind sukkulent wie bei den meisten Pflanzen, die unter Wasserknappheit leiden, und besitzen die Fähigkeit, überschüssiges Salz auszuscheiden.

Die unterschiedliche Anpassung der einzelnen Baumgattungen an periodisch überflutete Standorte ist an der Zonenbildung der Mangrove erkennbar. In Südostasien zum Beispiel stehen Bäume der Pionierarten von *Sonneratia* an vorderster Front. Da ihre Wurzeln ohne Luft ersticken würden, treiben sie kurze, bis zur Wasseroberfläche reichende Röhren, die den Wurzeln bei ihrem Kampf, sich im ehemaligen Meeresgrund zu verankern, Sauerstoff zuführen.





## Tropenwald



### Ceriops

### Mischzone landeinwärts

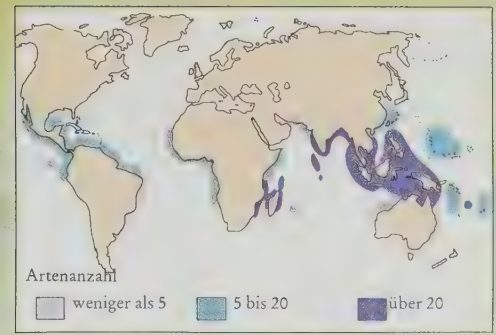
mäßiges Bad sicher ist. In den Zonen von Rhizophora und Bruguiera tummeln sich pflanzenfressende Krabben, während der Schlammhummel im Ceriops-Gestrüpp hohe Erdhügel aufwirft.

Unten Den bei Ebbe sichtbaren Luftwurzeln von Sonneratia ist die Unterwasser-Atmung in dickem Schlamm möglich. Die dicht am Meer angesiedelten Mangroven halten der Wellentätigkeit stand.



Oben Löffler und Ibis sind in der Mangrove häufig zu Gast. Mit ihren flachen Schnäbeln schnappen die Löffler abends nach Schalentieren und peitschen dabei das Wasser.

Unten Durch den festen Abschluß ihrer Kiemenhöhle können die Schlammpringer Luft atmen; sie tummeln sich munter im Gezeitenbereich.



Oben Die Mangroveformationen in Südostasien und in Teilen der Westküste Afrikas sind artenreicher als jene in Ostafrika sowie in Mittel- und Südamerika.

Unten: Die Samen von Rhizophora keimen an der Mutterpflanze aus; so können sie, nachdem sie abgefallen sind, Wurzeln im Schlamm schlagen, ehe sie von der Flut weggespült werden.



Nachdem die Pionierarten ihr Recht auf neues Gebiet durchgesetzt haben und sich in der Vegetationsmasse Schlamm aus dem Meer angesammelt und aufgeschichtet hat, steigt der Boden allmählich an und bietet größeren Bäumen, gewöhnlich Arten von *Rhizophora*, einen Wurzelgrund. Diese Arten durchstoßen den Schlamm nicht zaghaft mit dünnen Luftröhren, sondern besitzen eigenartige große, aus Stamm und Ästen treibende Stelzwurzeln, die den Bäumen im wankenden Schlammgrund einen festen Halt geben und, zur verstärkten Anhebung des Geländes, zugleich als riesiges Sieb fungieren. Hinter diesen Bäumen folgt eine Zone, in der diverse Arten von *Bruguiera* angesiedelt sind. Da sie langen Perioden der Überflutung nicht standzuhalten vermögen, bilden sie Atemwurzeln aus, die sie wie Knie übers Wasser recken und die auf den schlammigen Wogen auf und nieder tauchen.

Das Land hinter der Mangrove wird bei hohem Wasserstand regelmäßig überschwemmt; auch dieser Boden ist daher brackiger Sumpf. Er ist überall in Südostasien von der Atap-Palme besetzt; ihre Fiederblätter werden zum Dachdecken benutzt und die Samen als Nahrungsmittel geerntet. Noch weiter landeinwärts beginnt der eigentliche Wald.

Die geschilderte Zonenabfolge unterliegt jedoch lokalen Veränderungen: So kann sie durch die Arten bestimmt werden, die ihre Samen als erste auf die Schlammänke ausstreuen, und in vielen Regionen ist der Küstenwald vom Menschen zerstört worden.

Die Fauna der Mangrove spiegelt den Übergang vom Wasser- zum Landhabitat; Landtiere migrieren zum Meer, während landwärts wandernde Tiere in dieser feuchten Zwischenzone, die Schutz vor der brennenden Sonne gewährt, einen idealen Zufluchtsort finden. In diesen Küstensümpfen vollzog sich der wohl bedeutsamste Schritt in der Höherentwicklung des Lebens: Vor rund 350 Millionen Jahren verließen mit einem Skelett ausgestattete Fische zum erstenmal das Wasser und paßten sich an das Landleben an. Aus diesen Tieren entwickelten sich die Amphibien, dann die Reptilien und schließlich der Mensch. Noch heute kann man den Schlammpringer, ein gutes Stück oberhalb der Wasserlinie, ausgestreckt auf dem Schlamm liegen sehen; er ist der einzige überlebende Fisch, der sowohl das Land wie das Wasser bewohnt. Die Schlammpringer laufen mit Hilfe muskulöser, armartiger Brustflossen sehr behende über den Schlamm und jagen Insekten und Kleinkrebse.

Bei Ebbe verlassen Wildschweine und Affen den Wald und weiden den Strand ab. Die Makaken vertreiben sich die Zeit damit, im seichten Wasser nach Krabben zu jagen, und in den höchsten Bäumen tun sich Nasenaffen am Laub von *Sonneratia caseolaris* gütlich. Leguane lauern im Küstenwald auf Beute, in dessen Baumkronen Papageien und Tauben sichere Schlafplätze finden und Zugvögel ihr Winternest bauen. Krokodile sonnen sich auf Schlammänken, und Frösche wagen einen Sprung ins Salzwasser, um Krabben nachzustellen.



# Die Bambuswälder

Bambus heißt eine Gruppe eigenartiger Gräser, die im Grunde gar keine Gräser sind, denn sie wachsen zu Strauch- oder Baumgröße heran und sind ausdauernd, da ihre Halme (oder Stämme) verholzen. Die vielen verschiedenen Arten von Bambus sind in tropischen und subtropischen Regionen vom Meer bis zur Schneegrenze verbreitet und besonders zahlreich in Süd- und Südostasien vertreten.

Die hohlen langen, durch Knoten in gleichmäßige Glieder geteilten Bambushalme wachsen aus kräftigen Wurzelstockausläufern in die Höhe, und die an feuchten Stellen in Tropenwäldern wuchernden Bambusdickichte machen sich oft zum Nachteil aller anderer Pflanzen breit. Es gibt wenige natürliche Schranken, die so unüberwindbar sind wie Bambusgebüsch.

Die Wuchsdichte von Bambus ist sehr unterschiedlich, und die diversen Arten können je nachdem, wie geschlossen sie wachsen, in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden – in Pflanzen, die einen einheitlichen Wurzelstock mit Nebenverzweigungen haben, und in solche, deren Rhizom nach allen Seiten verzweigt ist. Die erste Kategorie zeichnet sich durch dünne, schnellwüchsige Rhizome aus, die manchmal meterlange Ausläufer bilden, ehe sie neue Sprosse treiben. Diese Arten, am häufigsten in trockenen subtropischen Gebieten anzutreffen, bringen die weit auseinanderstehenden, baumähnlichen Stämme hervor, die für japanische Bambushaine charakteristisch sind. Die zweite Kategorie hat eher kurze, gedrungene Wurzelstöcke, die dicht am Hauptstamm neue Ruten treiben, so daß die geschlossenen Büsche entstehen, die man in feuchten Tropenregionen antrifft.

Die rasche Vermehrung von Bambus vollzieht sich fast ausschließlich auf vegetativem Weg. Bei vielen Arten kommt es erst zur Blüte, nachdem die Rhizome jahrelang üppig ausgetrieben haben, und oftmals sterben die blühenden Halme nach dem Flor ab und werden durch Sämlinge und vegetativ entstandene Sprosse ersetzt. Bestimmte Arten blühen äußerst selten: Sie stehen nur alle sechzig bis 120 Jahre in Flor.

Eine ganze Reihe von Bambusgewächsen erreicht Höhen von über zwanzig Metern, und die größte, in Indien und Malaysia heimische Art, *Dendrocalamus giganteus*, bildet oft bis vierzig Meter lange Ruten. Diese Halme treiben aus den massiven alten, nährstoffreichen Rhizomteilen, schießen, bei einem Tageszuwachs von einem Meter (oder 45 Millimetern stündlich), in dichten Reihen empor und schließen sich zu grünschimmernden Horsten zusammen. Diese Pflanzen und viele andere der großen Arten wachsen oft zu hohen, großflächigen Areale überwuchernden Wäldern von undurchdring-



licher Dichte heran, während die kleineren Arten, von ebenso eindrucksvoller Geschlossenheit, den Unterwuchs bilden.

Der Bambus ist in seiner Schnellwüchsigkeit und großen Verbreitung eine für den Menschen bedeutende und vielseitige Nutzpflanze (siehe Seiten 206/207). Er ist aber auch für einige sehr seltene, hochinteressante Tiere von Nutzen. Der Riesenpanda oder Bambusbär, in den Bambuswäldern Westchinas heimisch, nimmt ausschließlich Blätter, Sprosse und Stengel von Zwergarten der Gattungen *Bambusa* und *Dendrocalamus* zu sich, die bislang in seinem Habitat überall

vorhanden waren. Dieser Kleinbär hat kräftige Zähne zum Kauen seiner zähen, faserigen Lieblingskost entwickelt, und seine Vorderpfoten sind mit modifizierten Haftpolstern ausgerüstet, die das Umklammern schlanker Bambusruten erleichtern. Im Unterschied zu den echten Bären hält er keine Winterruhe, doch in sehr kalten Zeiten kann er beim Bau von Nestern aus Bambusrohr beobachtet werden, in denen die Bärenmutter ihre Jungen wirft. Die Bambuswälder haben diesem immer seltener werdenden Säuger seit alters schützendes Obdach gewährt und bilden außerdem die einzige



Unten Der Riesenpanda lebt in den dichten Bambuswäldern, die sich auf den östlichen Hängen der an West-Szetschuan in China angrenzenden Berge erstrecken. Er nährt sich fast nur von Bambusblättern, -stengeln und

-sprossen; sein Verdauungsapparat ist besonders gut an diese grobe, zähe Kost angepaßt. Einheimische Bauern berichten, daß der Pandabär gelegentlich die Bienenstöcke der Gegend plündert, um an den Honig zu gelangen.

Rechts Der lockere Wuchs dieses japanischen Bambushains ist typisch für die Wuchsform der subtropischen Bambusarten. Die weit auseinanderstehenden Halme sind durch Rhizome mit der Mutterpflanze verbunden.



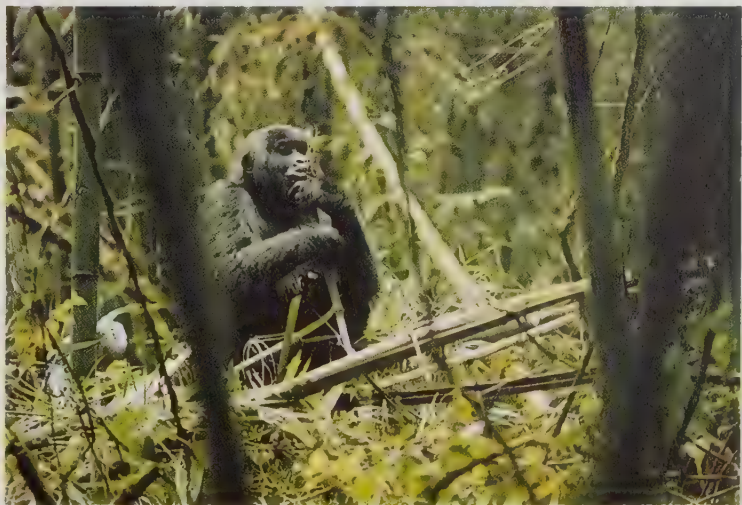
Oben Der Seidenreiher kommt in Südostasien, im tropischen Australien und in Südafrika in sumpfigen Gebieten vor.

Die hohen beblätterten Bambusbüsche, ebenfalls in Sümpfen verbreitet, sind ideale Brutplätze für diese Vogelart.

Grundlage seiner exklusiven vegetarischen Freßgewohnheit. Heute ist ihr Fortbestand durch Trockenheit gefährdet, und dem Panda steht ein harter Überlebenskampf bevor.

Auch für die Berggorillas, Bewohner der Bambus- und Mischwälder von Ostzair, ist Bambus ein wichtiges Nahrungsmittel. Diese Gorillas nähren sich mit Vorliebe von zarten jungen Sprossen lokal verbreiteter Arten. Merkwürdig ist, daß sich in Südamerika keine Tierart auf diese Pflanzen spezialisiert hat, um in den ausschließlichen Genuß des ungeheuren Bambusreichtums zu gelangen, den dieser Erdteil birgt.

Rechts Der größte unter den Primaten, der Berggorilla, bewohnt die Bambus- und Bergwälder Zentralafrikas. Diese Gorillas leben vorwiegend auf dem Erdboden; die köstlichen jungen, aus dem Waldboden hochschießenden Sprosse von Bergbambus sind ihre Lieblingskost und ein wichtiger Bestandteil ihrer Ernährung. Zudem gewährt der Bambuswald Schutz vor dem Menschen, dem einzigen Feind des Gorillas.





# Pflanzenanpassungen



Die Baumriesen bilden wohl das Gerüst des Regenwaldes, werden aber an Zahl von einer Vielfalt niedrigerer Bäume, Sträucher, Kräuter, Kletter- und Schlingpflanzen übertroffen. Diese Gewächse haben beachtliche Anpassungen entwickelt, um sich beim Großverbrauch der Waldhünen an Licht, Nährstoffen und Wasser ein ausreichendes Quantum derselben Stoffe für Wachstum und Vermehrung zu verschaffen.

In den sonnendurchfluteten Breschen, die stürzende Bäume im Urwald schlagen, kann eine Gruppe schattenempfindlicher Kräuter und schnellwüchsiger Bäume Fuß fassen: die auf die Besiedlung von Waldlücken spezialisierten Pionierpflanzen. Arten wie *Macaranga* zum Beispiel haben kleine Samen, die energiesparend erzeugt werden und sich mühelos verbreiten. Doch obwohl diese Pflanzen rasch ihre volle Größe erreichen, werden sie allmählich von den jungen, zum Schließen der Lücke nachwachsenden Baumriesen überholt und beschattet.

Epiphyten (Gewächse, die andere Pflanzen als Unterlage brauchen, sich aber im Gegensatz zu den Parasiten selbständig ernähren) wachsen auf allen Stufen des Regenwaldes, sind aber im Kronendach besonders zahlreich. In den Regenwäldern Südamerikas gehören die Bromelien zu den auffälligsten epiphytischen Vertretern. Jede Pflanze entfaltet eine Reihe konzentrischer Rosetten aus Blättern, die in ihren löffelförmigen Basen, Zisternen genannt, Wasser auffangen. Diese über dem Erdboden schwebenden Wassertanks sind Süßwasser-Ökosysteme im Kleinformat; sie enthalten bis fünf Liter Wasser: ein idealer Brutplatz für Mücken, Laubfrösche und andere Kleintiere.

Die Orchideen sind in den Tropen weitverbreitete Epiphyten. Sie überleben dank Wasserreserven, die sie in dicken Blättern, knollenförmigen Stämmen und auch fleischigen Luftwurzeln speichern. Die Wurzeln sind in das Velamen, ein spezialisiertes Zellgewebe, gehüllt, das zusammen mit einem undurchlässigen Abschlußgewebe Wasserverlust durch Verdunstung verhindert. Epiphytische Orchideen treiben oft ungeheuer viele, ineinander verschlungene Wurzeln, die organische Reste einfangen, denen die Pflanze Nährstoffe entzieht.

Die «Mörderfeigen» haben in ihrem Hunger nach Licht und Nahrung eine erbarmungslose Strategie entwickelt. Ihre Samen, von Feigenliebhabern unter den Vögeln auf eine Astgabel oder ein Luftwurzelsgeflecht im Kronendach ausgestreut, keimen epiphytisch. Die Jungpflanze treibt zahlreiche Wur-

Links Diese südamerikanische Schildkrötenpflanze ist von einer Baumgeneration nach der anderen zum Sonnenlicht emporgetragen worden und konnte so ohne die Ausbildung starken Stützgewebes dem dunklen Waldboden entrinnen.



zeln, die dem Boden entgegenstreben und, sich kreuzend, zu einem gitterartigen, den Wirt umgebenden Mantel verwachsen. Die Feige ist rasch zu einem eindrucksvollen Baum herangewachsen, dessen Krone den Tragbaum so stark überschattet, daß er schließlich eingeht. Er stirbt allerdings eher aus Lichtmangel, als daß er, wie man oft annimmt, tatsächlich erwürgt wird.

Das Laub der Regenwaldhölzer ist häufig von einer Schicht sehr kleiner Epiphyten bedeckt – von Moosen, Lebermoosen, Flechten und Algen, die eigentlich Epiphyllen heißen. Durch diesen Belag vermindert sich zwar die Lichtmenge, die das Blatt erreicht; andererseits können Flechten und blaugrüne Algen der Wirtspflanze nützlich sein, indem sie Luftstickstoff binden und ihn so für die Waldpflanzen verfügbar machen.

Die in Südostasien heimischen Myrmekodien sind kleinwüchsige Epiphyten, die,

wie andere Tropenpflanzen, eine enge Beziehung zu Ameisen entwickelt haben, von denen teilweise ihre Nährstoffzufuhr abhängt. Die Pflanze beherbergt die Ameisen in einer von Gängen und Kammern durchzogenen Knolle, und die Tiere tragen als Gegenleistung tote Insekten und Pflanzenreste ein, die in den Vorratskammern durch Pilze zu Nährstoffen zersetzt werden.

Manche Gewächse kommen ganz ohne Licht aus, weil sie sich direkt von den Assimilationsprodukten anderer Pflanzen nähren. Der blasse Vegetationskörper der Riesenblume, *Rafflesia arnoldii*, einer Regenwaldpflanze aus Sumatra, lebt, im Inneren von Baumwurzeln eingenistet, völlig unterirdisch, während die gewaltigen roten Blüten nach außen dringen. Die Blüten dieser Pflanze sind bis sieben Kilogramm schwer und strömen einen durchdringenden Verwesungsgeruch aus, der Aasfliegen zur Über-

tragung von Pollen anzieht. Die Ausbildung eines Geruchs als Mittel, die Aufmerksamkeit von Bestäubern zu erregen, ist eine besonders geschickte «Taktik» von Pflanzen, die auf den dunklen Waldboden verbannt sind.

Die südamerikanischen Arten der rankenden Passionsblume, *Passiflora*, erzeugen für Bestäuberbienen und -kolibris bestimmten Nektar im Blüteninneren und, um sich die Dienste angriffiger, Feinde abwehrender Ameisen und Wespen zu sichern, auch in Nektarien, die an Blattstielen, Stengeln und Blättern angeordnet sind. Von den Blättern der Passionsblume nähren sich Larven der Heliconier, exotischer Tagfalter, von denen es rund 45 Arten gibt; jede Falterart legt ihre Eier nur auf wenigen, ganz besonderen Arten von *Passiflora* ab, die sie an der Blattform erkennt.

## KANNENPFLANZEN



Die meisten der rund 60 Arten von *Nepenthes* sind Epiphyten. Die mittlere Blattrippe verlängert sich zu einem als Ranke dienenden Stiel, an den die zur Kanne umgebildete Blattspreite anschließt. Die Kanne fängt Kleingetier ein, dem die Pflanze Mineralstoffe entzieht.



Oben Die abgebildete epiphytische Vriesea keimte hoch oben im Kronendach, wo sie zwar nie unter Lichtmangel leidet, aber dafür von der Wasserzufuhr abgeschnitten ist. Sie löst dieses Problem durch die Entwicklung löffelförmiger Blattbasen; in diesen Zisternen sammeln sich zerfallende organische Substanzen an, denen die Pflanze Nährstoffe entzieht.



Durch Honigdrüsen auf der Unterseite des Kannendeckels und am Kanneninnenrand zur Kesselfalle gelockte Insekten werden von relativ durchsichtigen Zellen und dem vom Deckel geworfenen Schatten dazu verführt, zur glatten Randfläche vorzudringen, wo sie ausgleiten und in die Verdauungsflüssigkeit fallen.

## BESTÄUBUNG

Die von Vögeln bestäubten Pflanzen haben gewöhnlich rote oder gelbrote, frei hängende Blüten, wie diese von einem Kolibri bestäubte *Calliandra*. Die Belohnung besteht bei dieser Pflanze aus Nektar, der in ausreichender Menge abgegeben wird, damit sich ein Besuch bei der Blume lohnt, aber nicht genügt, um den Vogel zu sättigen, so daß der Besuch einer zweiten Blüte zur Übertragung des Pollens gewährleistet ist. Der Pollenstaub wird je nach Pflanzenart an Gesicht, Kopf, Brust oder Schnabel des Vogels abgestrichen. In der Neuen Welt sind die mit 300 Arten vertretenen Kolibris die wichtigsten Bestäuber unter den Vögeln; sie saugen, im Gegensatz zu den Sonnenvögeln, ihren Pendants in der Alten Welt, den Nektar im Schwirrflyg aus den Blütenkelchen.

Möglicherweise stellten die Kolibris ursprünglich Insekten nach, die sich auf Blüten absetzten; danach paßten sich die Blüten an die Bestäubung durch Vögel an. Die Anpassung an die Insektenbefruchtung vollzog sich früher, und wahrscheinlich wurde der Aufstieg der Blütenpflanzen durch ihre enge Beziehung zu bestäubenden Insekten stark beschleunigt.





# Tieranpassungen

Die Regenwaldareale, die den Erdball im Tropenbereich umschließen, bergen eine Tiervielfalt, die dem Reichtum an Pflanzen gleichkommt. Die meisten Tiere leben jedoch im Verborgenen, und wer ihnen nicht nachspürt, bemerkt sie nicht, es sei denn, sie variieren sich durch ein Aufleuchten von Farbe zwischen den Blättern, eine Bewegung des Laubwerks oder weittragende Rufe.

Die tropischen Regenwälder bestehen, mit geringfügigen Klimaveränderungen, seit über sechzig Millionen Jahren, und die Höherentwicklung zu Spezialisierungen ist ungehemmt fortgeschritten. Die Tiere haben sich körperlich an das Baumleben angepaßt, und die Futterkonkurrenz hat sie gezwungen, ihre Kost auf bestimmte Nahrungsmittel zu beschränken. Gleichzeitig haben sie unter der ständigen Bedrohung, die ihnen durch Raubtiere erwuchs, raffinierte Methoden zum Selbstschutz entwickelt. Jedes Tier überlebt in seiner schmalen Nische nur dann, wenn es andere Arten in der Futter- und Obdachsuche und in der Meidung von Feinden an Geschick übertrifft.

Die Anpassungen an das Erklettern von Bäumen umfassen Greifglieder an Händen und Füßen, Greifschwänze und große, vorstehende Augen, die ein räumliches Sehvermögen zur raschen Distanzabschätzung vermitteln. Viele Primaten sind mit langen, beweglichen Fingern und Zehen ausgestattet, mit deren Hilfe sie leicht Äste umklammern können. Während aber beim Großteil der Affen die Gliedmaßen in kurzen, abgeflachten Nägeln enden, verfügen die Pinselaffen über krallenförmige Endglieder, die sie befähigen, sich an glattborkigen Ästen zu verhaken. Scharfe Krallen sind außerdem ein Merkmal der Hörnchen und Katzen. Im

Unten Die meiste Zeit hängt das hervorragend angepasste Faultier rücklings am Baum.

## DAS LAPPENCHAMÄLEON

*Chamaeleo dilepis*



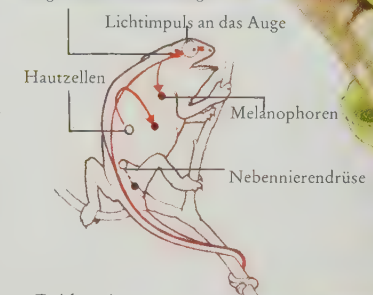
Das Chamäleon ist ganz und gar an das Baumleben angepaßt: Seine Zunge könnte es am Boden nicht gebrauchen; seine Augen sind, unabhängig voneinander, in jede Richtung drehbar; es besitzt einen Greifschwanz und -füße, und der Farbwechsel seiner Haut gibt ihm die Möglichkeit, vollständig mit seiner Umgebung zu verschmelzen. Zur Abschreckung von Feinden oder zur Revierverteidigung kann das Chamäleon eine rot-blaue Färbung annehmen – zusammen mit der leuchtend gelbroten Kehlhaut eine furchterregende Kombination. Der Impuls zum Farbwechsel geht entweder von den beweglichen Augen, einer inneren Erregung oder von äußeren Ursachen aus.

Oben Um die Blätter seiner Umgebung zu imitieren, nimmt das Chamäleon ihre Form an und vollführt sogar unregelmäßige Zitterbewegungen.



Rechts Der Farbwechsel des Chamäleons wird von Melanophoren gesteuert – gezackten, mit Farbstoff angefüllten Zellen, die sich in den unteren Hautschichten befinden. Wenn sich die Farbstoffkörner über die Zacken der sternförmigen Zelle verteilen, wird das Licht ferngehalten, und die Haut färbt sich dunkel. Konzentriert sich aber das Pigment auf den Zellmittelpunkt, so wird das Licht von den darüberliegenden, mit einem gelbroten Pigment angefüllten Zellen reflektiert, so daß sich die Haut hell färbt. Die oberste, silbrige Schicht dient als Grundierung der wechselnden Farbkombinationen.

Tätigkeit der Hirnanhangdrüse

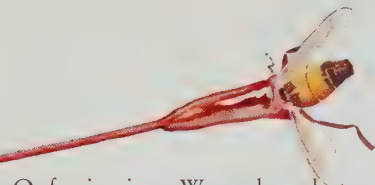


Epidermis





Wenn sich das Chamäleon seiner Beute nähert, schleudert es seine lange Zunge heraus und fängt das Tier mit der klebrigen Sauggrube am Zungenende ein. Dann schnell die Zunge wie eine Feder zurück.



Unterschied dazu besitzen Laubfrösche und Geckos an Fingern und Zehen Haftscheiben, die das Klettern erleichtern. Mit langen, muskulösen Greifschwänzen als zusätzlichem Körperglied sind die Klammeraffen ausgerüstet, ebenso der Coendu oder südamerikanische Baumstachler, die Schuppentiere oder Pangoline, der affenähnliche Kuskus als Kletterbeutler und der Kinkaju, ein Wickelbär, der, obwohl Raubtier, vorwiegend von Pflanzen lebt.

Das warme, feuchte Tropenklima mit geringen täglichen und jahreszeitlichen Temperaturwechseln ist eine ideale Umgebung für wirbellose Tiere. Zu ihnen zählen die heiter gefärbten Strudelwürmer, die sich mit Hilfe der Bewimperung gleitend fortbewegen, und zahlreiche Amphibien, so der Goliathfrosch, der mit dreißig Zentimetern Körperlänge größte Frosch der Welt. Die Laubfrösche legen ihre Eier in Baumhöhlen oder in den Wassertanks der Epiphyten ab. Ein Beutelfrosch lebt auf Bromelien; das Weibchen trägt die befruchteten Eier in einer Hauttasche auf dem Rücken, bis sie sich zu Kaulquappen entwickelt haben und in die Bromelienzisternen fallen.

Da in den Tropen stets eine Pflanzenart Blüten oder Früchte trägt, können sich Tiere, die von solcher Nahrung leben, das ganze Jahr über vermehren. Für die Pflanzen sind Kostgänger nützlich, da sie Blüten bestäuben und Samen austreten. Etliche Pflanzen locken Bestäuber nicht nur durch Farben und Düfte der Blüten an, sondern haben seltsame Köder ausgebildet. Manche Orchideen zum Beispiel ahmen die Gestalt des Weibchens einer bestimmten Bienenart nach. Das betörte Männchen wird bei dem Versuch, sich mit den Blüten zu paaren, von Pollenstaub umhüllt und überträgt ihn. Bei den Blüten der *Coryanthes*-Orchidee fallen die

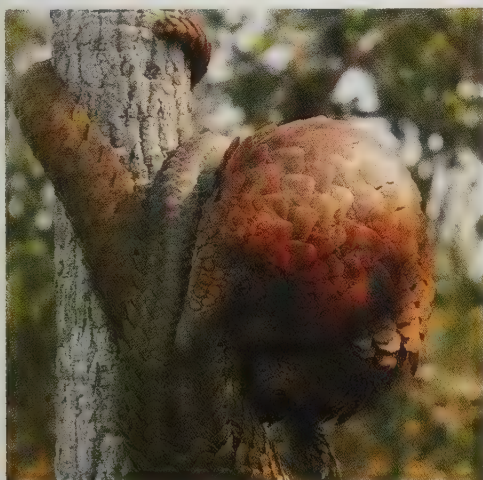
Opfer in einen Wasserkessel; um sich zu befreien, müssen sie durch einen Seitengang kriechen, wo sie sich mit Pollen bedecken.

Ein weiterer seltsamer Einfall der Natur ist die Beziehung zwischen Pflanzen und Ameisen. Zwar bauen viele Ameisen ihre Nester in hohlen Stämmen, doch manche Pflanzen, so *Macaranga caladifolia* aus Borneo, ziehen Ameisen durch die Absonderung süßer Sekrete an. Diese Gewächse werden von den Ameisen vor Schädlingen bewahrt, und Epiphyten machen sich die Exkremente und Vegetationsüberreste der Ameisennester als Düngemittel zunutze. Die Früchte, dazu bestimmt, zur Samenverbreitung verzehrt zu werden, sind ein weiteres Lockmittel für hungrige Tiere. Dieses dem beidseitigen Wohl förderliche Verhältnis wird allerdings durch Papageien und Tauben beeinträchtigt, die die Samen fressen und das Fleisch verschmähen.



Oben Die Gottesanbeterin ahmt Form und Farbe von Blüten so überzeugend nach, daß Insekten nach ihrem Nektar suchen — ein tödlicher Irrtum.

Rechts Die Haut des Pfeilgiftfroschs sondert ein starkes Nervengift ab, aber ihre leuchtendbunte Färbung ist eine Warnvorrichtung gegenüber Feinden.



Oben Ein langer Greifschwanz und kräftige, bekrallte Grabfüße machen den Pangolin zum geschickten Baumbewohner. Da er zahnlos ist, muß er sich mit Termiten und Ameisen begnügen, die er mit der Zunge einsammelt.

## ÜBERLEBENS-MIMIKRY

Die erfolgreichen Tiere haben Anpassungen entwickelt, die ihnen das Überleben in ihrer Umgebung erleichtern. Neben den pflanzenähnlichen Formen und Farben, die viele Arten zur Tarnung simulieren, werden zum Schutz vor Feinden unzählige andere findige «Tricks» angewendet. So fertigt die Spinne *Cyclosa tremula* (rechts) aus Insektenresten Kopien ihrer eigenen Gestalt und webt sie zur Abschreckung in ihr Netz. Manche harmlosen Tiere überleben durch die Mimikry von Gestalt und Markierungen giftiger oder ungenießbarer Tiere, so bestimmte Fliegen (rechts) und die in Borneo heimischen Hörnchen, die die Gestalt widerlich schmeckender Baumspitzmäuse annehmen. Schmetterlinge sind besonders geschickt in der Irreführung von Räubern. Neben der verwirrenden Zeichnung auf ihren Flügeln und einem «falschen Kopf» auf dem Hinterteil vollführt *Thecla togarna* (rechts) ein verblüffendes Landemanöver: Beim Aufsetzen dreht sie sich zur Desorientierung ihrer Verfolger wieder in die Flugrichtung um. Andere Schmetterlinge tragen «Augen» auf den Flügeln, um sich vor Gefahren zu schützen.



Oben Zur Selbstverteidigung imitieren harmlose Fliegen wie *Milesia vespoides* (links) eine giftige Wespe, *Vespa cincta*; Raubvögel, die den Umriss der Wespe erkennen, meiden so auch die Fliege.



Oben Manche Schmetterlinge haben Flügelmarkierungen, die einen «Kopf» vortäuschen.

Oben Bestimmte Spinnen weben zur Feindabwehr Objekte in ihr Netz, die an Giftspinnen erinnern.



# Die Flußgemeinschaft



Oben Die längste unter den noch existierenden Schlangen ist die Anaconda, die das Flußgebiet des Amazonas bewohnt. Sie macht gewöhnlich Jagd auf Fische, die sie durch Umschlingen erdrosselt, greift aber auch größere Tiere wie diesen todgeweihten Kaiman an.  
Links Ein toter Piraya findet bei den Indianern für viele Zwecke Verwendung. Die Zähne sind vorzügliche Widerhaken für Giftpfeile: Sie dringen durch die Pfeilwunde ein und bringen das Kurare-Gift in den Körper des Beutetiers.

Bei über 3 000 Millimetern Niederschlag im Jahr verwundert es nicht, daß die tropischen Regenwälder von Flüssen, Seen und Sümpfen durchsetzt sind. Wenn sich ein Gewitter über dem Wald entlädt, fließt das Wasser in Rinnsalen und Bächen ab, die sich, zu Flüssen vereint, in die großen Ströme ergießen. Auf dem Höhepunkt der Regenfälle werden weite Gebiete des Tieflandwaldes unter Wasser gesetzt. Für die Tiere sind diese überschwemmten Areale willkommene Freiflächen, die Nahrung und Wasser in Hülle und Fülle bieten.

An den lichterhellten Ufern schießt ein dichter, üppiger Unterwuchs aus dem Boden. Feigenbäume und andere fruchttragende, in verschwenderischer Zahl heranwachsende Pflanzen werden zu einer Hauptattraktion des Waldes. Affen, Fruchtauben, Nashornvögel, Tukane, Bülbüls und viele andere, je nach Gebiet wechselnde Vögel scharen sich, um die Bäume abzuernsten. Und auch die Fische kommen nicht zu kurz. Die im Wasser treibenden Feigen des Tangkolbaums aus Borneo sind für sie ein Leckerbissen; eine Welsart scheint besonders erpicht auf diese Früchte zu sein.

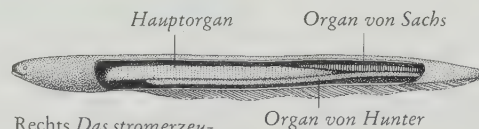
Schwärme zauberhafter, buntschillernder Riesenschmetterlinge stellen sich am Uferand ein. Vogel- und Morphofalter, Schwalbenschwänze und Wolfsmilchschwärmer suchen in Scharen die Sand- und Schlammbanken mit ihren langen, rüsselförmigen Zungen nach lebenswichtigen Salzen ab, die in ihrer üblichen Nektarkost fehlen. Diese Salze sind im Sickerwasser vorhanden, das aus den Ablagerungen am Ufer rieselt, und in den Exkrementen der Tiere, die zum Trinken ans Wasser kommen.

Die rund um die Seen und im Stauwasser der Flüsse wuchernden Wasserpflanzen sind samt den Kleintieren, die sich davon ernäh-

## DER ELEKTRISCHE AAL

Alle höheren Tiere erzeugen elektrische Impulse, aber bestimmte Gattungen aus der Familie der Nilhechte, *Mormyridae* (so *Gymnarchus* und *Mormyrus*), setzen Elektrizität für besondere Zwecke ein — zur Revierabgrenzung und zur Orientierung in trübem Wasser oder bei Dunkelheit. Der in tropischen Gewässern Afrikas heimische Zitterwels, *Malapterurus*, und der Zitteraal aus dem Amazonas sind gefährlicher, da sie elektrische Entladungen als wirksame Waffe benutzen. Ein ausgewachsener Aal ist imstande, Entladungen von 600 Volt abzugeben — genug, um ein Pferd zu betäuben.

Die stromerzeugenden Organe des Aals beanspruchen vier Fünftel des langgestreckten Körpers und bestehen aus drei unterschiedlichen Faserngruppen (oben rechts). Die elektrischen Organe sind durch Umwandlung vorhandener Muskelsysteme entstanden, in denen das kontraktile Gewebe durch motorische Endplatten ersetzt ist, die auf Nervenreize gleich reagieren wie ein gewöhnlicher Muskel. Die Aale sind nahezu unempfindlich für ihre eigenen elektrischen Schläge, da ihr Nervensystem in eine dicke Fettschicht eingebettet ist. Dennoch werden Aale, möglicherweise als Folge wiederholter Elektroschocks, im Alter blind.

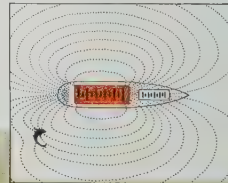
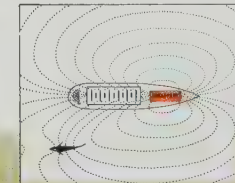


Rechts Das stromerzeugende Hauptorgan besteht aus Reihen von rund 10 000 elektrischen Zellen, die, zu Gruppen von siebzig parallel verlaufenden Elementen zusammengeschaltet, wie eine Batterie funktionieren. Als Reaktion eines vom Gehirn an den Schwanz abgegebenen Nervenimpulses erzeugt jede einzelne Zelle 50 Millivolt Strom. Im Körper des Fisches fließt der Strom vom Schwanz zum Kopf, im Wasser hingegen vom Kopf zum Schwanz, so daß der Kreislauf geschlossen ist.



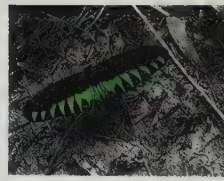
Der Aal erzeugt permanent ein der Ortung dienendes elektrisches Feld.

Hat er die Beute lokalisiert, schaltet er sein Hauptorgan ein.





Rechts Ein Radscha-Brook-Vogelfalter bohrt seinen langen Saugrüssel in den Uferschlamm. Er sucht nach den lebenswichtigen Salzen, die seine Nektarnahrung nicht enthält.



ren, eine wichtige Futterquelle. Hier versammeln sich Fisch- und Seidenreier, Schlammhals- und Eisvögel, Fischadler und Falken zur Jagd. Das Ufergebüsch der Waldflüsse Südamerikas ist das Habitat der wenig bekannten Sonnenralle, die in reiherähnlicher Haltung jagt; sie steht, auf Beute wartend, reglos da wie eine Schildwache, und sobald sie einen Fisch sieht, durchbohrt sie ihn mit einem blitzschnellen Schnabelhieb.

Der bekannteste amphibische Säuger tropischer Wasserläufe ist das Flußpferd. Diese Tiere mit ihren plumpen Körpern verweilen tagsüber im Wasser und äsen nachts an Land, zählen aber nicht zu den eigentlichen Waldtieren, da sie sich vorwiegend von Gras ernähren. Das Zwergflußpferd, das im sumpfigen Urwalddickicht Liberias und Sierra Leones lebt, ist weniger stark ans Wasser gebunden als sein größerer Vetter, das Nilpferd *Hippopotamus amphibius*. Die südamerikanische Variante des Nilpferds ist die Capybara oder das Wasserschwein, das sich auch von Wasserpflanzen ernährt, obwohl es der Welt größter Nager ist. Trotz seines schwerfälligen Körpers zeigt es beim Schwimmen dieselbe Anmut wie das Flußpferd; Augen, Ohren und Nase sitzen bei ihm ganz oben am Kopf, damit seine Sinne wach bleiben, auch wenn es beinahe untergetaucht ist. Dem Umfang des Flußpferds vergleichbar ist die Körperfülle der Seekuh – des Manatis der großen Ströme Afrikas und des im Flußgebiet des Amazonas heimischen Lamantins. Auch die Tapire sind massige, schweineähnliche Tiere, die in Südamerika und Südostasien die sumpfigen Urwälder bewohnen.

Die Tropenflüsse wimmeln von Fischen, die zum Teil seltsame Fähigkeiten an den Tag legen. So überqueren die Süßwasser-Schmetterlingsfische aus Westafrika, mit den

Flossen wie mit Schwingen flatternd, ihre heimatlichen Tümpel im Flug. Neben den Vögeln gibt es in den Tropenwäldern zahllose Raubtiere, die sich von Fischen nähren. In Asien ist eine Katze heimisch, die auf Fischfang spezialisiert ist: Von einem Standort am Ufer schöpft sie ihre Beute mit den Pfoten aus dem Wasser. In Südamerika kommen Fledermäuse vor, die Jagd auf Fische machen, und die Altweltwälder sind von diversen Fischeulen besiedelt. Die südamerikanische Beutelratte, der Yapok, lebt als einziger ans Wasser angepaßter Beutler von Fischen und anderen Wassertieren. Mit Hilfe von Schließmuskeln kann er seine Hauttasche in einen wasserfesten Säuglingshort verwandeln. Es gibt sogar Süßwasserdelphine, so der Orinoko-Delphin, Butu oder Bonto, und der Ganges-Delphin, auch Susa oder Schnabeldelphin genannt.

Auch Riesenschlangen, darunter die südamerikanische Boaschlange Anakonda und die Pythons aus Indien, suchen Flüsse und Sümpfe heim. Eine echte Wasserschlange ist die in Südostasien verbreitete Seeschlange. Sie hat eine so gute Tarnfärbung, daß sie zwischen den Wasserpflanzen verschwindet.

Die Krokodile sind die gefräßigsten Räuber unter den Süßwassertieren. Tagsüber aalen sie sich zumeist auf Uferbänken und legen ihre Hauptjagdzeit auf den Abend. Manche von ihnen, wie der indische Gavial mit seiner schnabelartigen Schnauze, leben ausschließlich von Fischen, andere wiederum sind Allesfresser. Tiere, die zur Tränke kommen, werden mit einem Schwanzhieb zu Boden gestreckt oder mit der Schnauze gepackt und davongezerrt. In manchen Gebieten kann es vorkommen, daß Krokodile Menschen fressen, aber durch die schrankenlose Jagd ist ihre Anzahl geschrumpft und damit diese Gefahr zurückgegangen.

## DER MANATI

Die Manatis, *Trichechus inunguis* – scherzhaft die «Sirenen des Christoph Kolumbus» genannt, weil sie ihre Jungen in aufrechter Haltung säugen –, leben von Wasserhyazinthen. Manchmal verlassen sie das Wasser, um Uferpflanzen abzuseiden.



## LUNGENFISCHE UND SOMMERSCHLAF

Die Lungenfische, entwicklungsgeschichtlich die ältesten lebenden Süßwasserfische, kamen schon im Erdaltertum vor und waren weltweit verbreitet; heute gibt es nur noch drei Gattungen mit wenigen Arten auf der Südhalbkugel. Der Australische Lungenfisch, *Neoceratodus*, ist mit anderthalb Metern



Afrikanischer Lungenfisch  
*Protopterus annectans*

## DER HOAZIN

(Schopf- oder Zigeunerhuhn)

Der wohl seltsamste Ufervogel ist der Hoazin. Die Flügel der Nestlinge sind mit je zwei scharfen Krallen versehen, mit denen sie sich an den Zweigen verankern können, wie der «Urvogel» *Archaeopteryx*, der auf Bäumen von Blättern, Blüten und Früchten lebte. Der Hoazin frisst harte Baumblätter, die nicht im Magen, sondern in seinem muskulösen Kropf zerrieben werden. Ein gutgenährter Hoazin hat einen mächtigen Kopf. Die Altvögel fliegen nur noch selten und kommen kaum auf den Boden.



der Hoazin

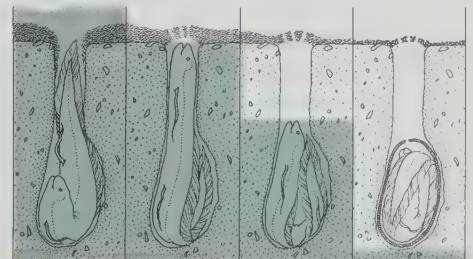
die Flügelkrallen  
der Hoazin-Küken

*Archaeopteryx*



Oben Die Wassertreter scheinen tatsächlich auf dem Wasser zu gehen, benutzen aber in Wirklichkeit kleine Wasserpflanzen als Trittsteine, auf die sie ihre ellenlangen Zehen setzen.

Länge der größte von ihnen; der Schuppenmolch, *Lepidosiren*, bewohnt das Stromgebiet des Amazonas, und die Molchfische der Gattung *Protopterus* kommen in Afrika vor. Sie leben in warmen, schlammigen Gewässern; von Zeit zu Zeit müssen sie zum Atmen auftauchen, denn ohne Luft sterben sie.



Oben Beim Absinken des Wasserspiegels bereitet sich *Protopterus* auf eine Ruhezeit vor. Er umhüllt

sich mit einer luftdurchlässigen Schleimkapsel und erstarrt; danach zehrt er von seinen Fettvorräten.



# Der nächtliche Wald

In den Tropen ist der Übergang vom Tag zur Nacht kurz, und wenn sich die Dämmerung über den Wald senkt, findet in der Tierwelt ein Szenenwechsel statt. Die Tiere, die den Wald tagsüber belebten, treten ab, vor allem die Vögel und Affen. Die Menschen sind Taglebewesen wie ihre nächsten Verwandten, die Affen (mit Ausnahme des südamerikanischen Nachtaffen); der Sonnenuntergang ist das Zeichen zur Beendigung des Tageswerks und zum Rückzug vor den nächtlichen Räubern, seien es Tiger oder Moskitos. Und während die Tiere, die am Tag gejagt haben, ihre Schlafplätze aufsuchen, verlassen die Nachttiere ihr Lager und wärmen sich an den letzten Sonnenstrahlen, ehe sie zur Jagd aufbrechen.

Der verblüffendste Unterschied zwischen Tag und Nacht, den man im Schutz eines Zeltlagers wahrnimmt, sind die Tierrufe. Im Laubdickicht des Waldes sind akustische Signale wirksamer als optische; daher zeigen viele Walddiere ihren Aufenthaltsort durch die Stimme an. Nachts sind Laute das einzige Verständigungsmittel, und während die Chöre der Papageien und Affen verebben, setzen die Refrains der Zikaden, Frösche, Fliegenden Hunde und, in Madagaskar, der zahllosen Lemuren ein.

Die Nachttiere sind am Abend vom selben Tatendrang erfüllt wie frühmorgens die Tagtiere. Beim Hereinbrechen der Nacht steigert sich die Intensität, mit der die Tiere nach der Ruhe des Tages ihren Hunger stillen. Dieser Höhepunkt klingt ab, wenn die Mägen gefüllt sind, und die Dämmerungstiere, die weder zur Tag- noch zur Nachtfau-na zählen, begeben sich wieder zur Ruhe. Nach dem Eindunkeln schwellen die Erkennungsrufe zu einem Konzert an, das übertönt ist vom monotonen, ohrenzerreißenden Gesang der Amphibien und Zikaden.

Die Zikaden sind pflanzensaugende Insekten, haben aber neben ihrer Gesangesgabe nichts mit den Grillen und Heuschrecken gemein. Das schrille Zirpen der Singzikaden, aus zwei Kilometern Entfernung vernehmbar, ist der Ruf des Männchens und wird durch die rasche Schwingung einer gewölbten Membran erzeugt – ein dem Geräusch, das beim Herunterdrücken eines gewölbten Blechdosendeckels entsteht, vergleichbarer, aber in rascher Abfolge wiederholter Laut. Jede Art hat ihren eigenen Gesang, an dem Insektenforscher die einzelnen Tiere erkennen wie Ornithologen die Vögel. Dasselbe gilt für die Frösche, deren Singsang sich jedesmal ändert, wenn neue Arten hinzukommen und andere verstummen.

Die nächtliche Belegung des Waldes ist zwar ein entwicklungsgeschichtlich zweitrangiger Vorgang, aber er mußte stattfinden, weil der ungeheure Anpassungsdruck die Tiere dazu zwingt, jede unbesetzte Nische zu

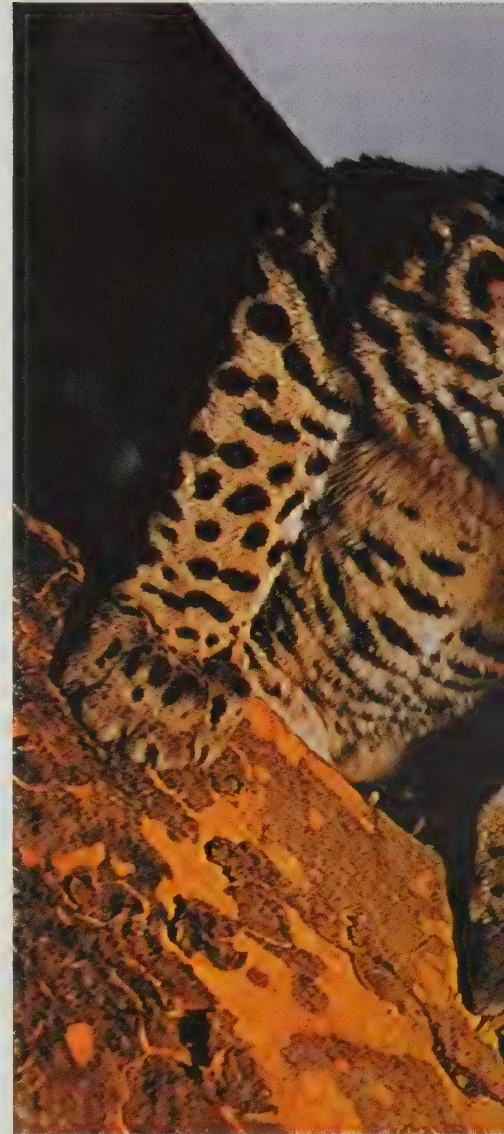
besiedeln. Ein bei Dunkelheit leerer und stiller Wald wäre unvorstellbar, zumal in den Tropen, wo die Bedingungen im Lauf der Nacht gleichbleiben. Es gab zwei Hauptgründe, weshalb die Tiere ihren Lebensrhythmus änderten und am Abend aktiv wurden: Durch die Flucht in die Finsternis war es ihnen möglich, den Kampf um Nahrung und Lebensraum zu umgehen, und sie konnten Räubern ausweichen. Die Sicherheit vor den Räubern währte indes nicht lange, weil Eulen, Katzen und andere Raubtiere ihrer Beute in die Dunkelheit folgten. Die Konkurrenz war deshalb der stärkere Beweggrund, und Weiterentwicklung sowie Differenzierung von Gewohnheiten im nächtlichen Habitat führten zu Lebensweisen, die denen am Tag in vielen Fällen entsprechen.

Ein Nachttier kann oft durch sein Augenleuchten aufgespürt werden, das von der spiegelartigen Schicht (*Tapetum lucidum*) hinter der Netzhaut hervorgerufen wird. Über körpereigene Lichtquellen verfügen mehrere Käfer, insbesondere die Leuchtkäfer, aber auch die tropischen Schnellkäfer. Das Schauspiel, das die Leuchtkäfer inszenieren, wenn sie sich zu Millionen an den Tropenflüssen niederlassen und ihre Lichter stundenlang im gleichen Rhythmus aufblin-ken lassen, ist überwältigend.

Die Echolotpeilung der Fledermäuse ist der Flugsteuerung bei hoher Geschwindigkeit angepaßt, aber gegen die Konkurrenz der Vögel mit ihren gutausgebildeten Augen konnten sie sich nicht als Tagtiere behaupten. Doch im Bereich der Nacht haben sie ein beachtliches Durchsetzungsvermögen entwickelt. In den Tropenwäldern sind Hunderte von Arten vertreten, von denen manche gesellig in riesigen Kolonien leben. Sie haben vielerlei Lebensweisen entwickelt. Neben den bekannten Insektenfressern gibt es fruchte-fressende Fledermausarten wie die Fliegenden Hunde, die bessere Augen und ein schwächeres Echopeilungssystem besitzen als die übrigen Fledermäuse. Andere Fledermausarten sind Fleischfresser und verzehren Mäuse, Eidechsen, Vögel, Fische, Angehörige der eigenen Familie und sogar Skorpione. Der Große Blutsauger ist als echter Vampir ein Unikum unter den Säugern.

Nur wenige Vögel haben hingegen vom nächtlichen Wald Besitz ergriffen. Die einzige Konkurrenz, mit der es die insektenfressenden Fledermäuse aufnehmen müssen, sind die Ziegenmelker und Schwalme sowie manche Eulen. Die Eulen sind, was Artenvielfalt und Anpassung anlangt, die erfolgreichsten Nachtvögel. Der seltsame Fettschwalm oder Guacharo, im Norden Südamerikas und in Trinidad heimisch und ein Verwandter der Ziegenmelker, ist der einzige Nachtvogel, der Früchte frisst. Tagsüber verzieht er sich in tiefe Höhlen.

Unten Der Pelz des ocker-gelben Ozelots ist so ge-fragt, daß dieses Tier fast ausgerottet wurde. Ozelots schlafen tagsüber und brechen in der Dämmerung paarweise zur Jagd auf; ihre Beutetiere sind Kleinsäuger.

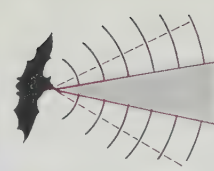
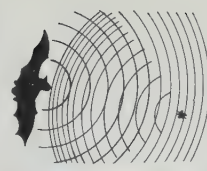


Oben Wenn der groteske Nachtschwalm aus Neuguinea, *Podargus papuensis*, seinen großen bunten Schnabel aufsperrt, sieht er einer leuchtenden Baumblüte täuschend ähnlich und lockt so Insekten in die tödliche Falle.

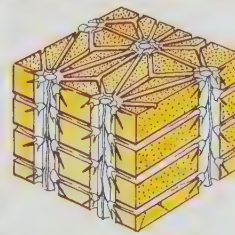


Rechts Ultraschallwellen dienen der Fledermaus zur Orientierung. Wenn ein Insekt in der Nähe dieses Mausohrs, *Myotis lucifugus*, umherschwirrt, senkt es die Tonhöhe, um die Beute exakt zu orten.

Rechts außen *Phyllostomus hastatus*, eine Neuwelt-Blattnasenfledermaus, hat ein Hautblatt an der Nase, das als Richtstrahler für das Aussenden des Echolots dient und das Abtasten der Umgebung (im Umkreis von 15 m) ermöglicht.



Unten Gegen Abend machen sich die Flughörnchen, *Pteropus seychellensis*, auf die Suche nach Obstbäumen. Diese indischen Flughunde verlassen sich eher auf ihre Augen als auf das Gehör. Am Tag schlafen sie.



Oben Leuchtkäfer, *Lucernuta*, im Larvenstadium.

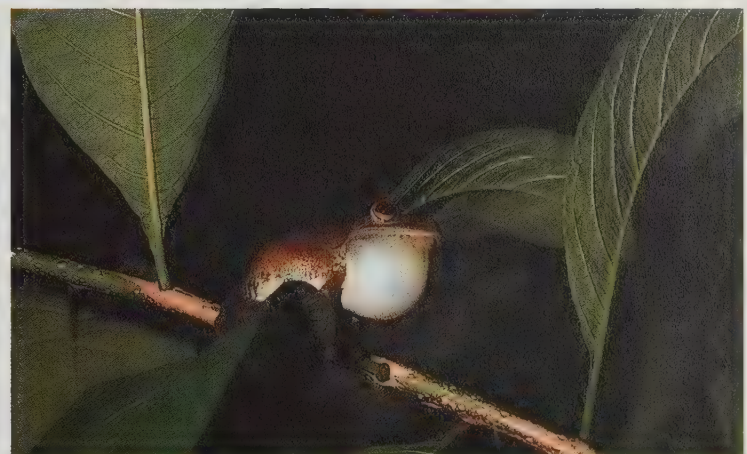
Links Die Struktur des licht erzeugenden Organs der Leuchtkäfer. Die Fotozellen, in Rosetten angeordnet und durch Nerven verbunden, enthalten das Enzym Luziferin, das Licht erzeugt.



Oben Die Pythonschlange *Condropython virialis* trägt beiderseits ihrer Schnauze Vertiefungen,

die mit Spezialzellen zum Aufspüren geringfügiger Veränderungen der Wärmestrahlung beklei-

det sind und die Schlange unfehlbar zu einer warmblütigen, bis 1,2 m entfernten Beute führen.



Oben Wenn der Riesenlaubfrosch, *Hyla maxima*, seine schallenden Rufe ertönen läßt, bläht sich die

als Verstärker der Stimmbandschwingungen fungierende Schallblase mächtig auf. Riesen-

laubfrösche haben auch ein ausgezeichnetes Gehör.



# Flieger und Gleiter

Es ist sehr vorteilhaft für ein Baumtier, wenn es von Baum zu Baum springen kann, ohne den Boden berühren zu müssen: Dabei spart es Zeit und meidet Räuber. Zu den geschicktesten Springern gehören Laubfrösche, Hörnchen und viele Primaten.

Die Grundbedingungen für Sprünge durch die Luft sind kräftige Hinterbeine zum Abstoßen, eine sichere Landetechnik und ein guter Gesichtssinn zur Beurteilung von Distanzen. Zur Erhöhung der Sprungweite ist außerdem die Ausbildung von Tragflächen nötig. Hat sich diese Entwicklung vollzogen, so sind die Springer zu Gleitern geworden und dank dieser Fähigkeit in der Lage, ihren Futterbereich zu erweitern.

Gleitflieger erreichen Höchstgeschwindigkeiten von rund 14 Kilometern und wären eine leichte Beute von Verfolgern, hätten sie sich nicht weitgehend an die Lebensweise von Dämmerungs- oder Nachttieren angepasst. Die Schwierigkeit, sich im Dunkeln zurechtzufinden, wird durch den Schutz vor schnellen Tagraubvögeln aufgewogen. Der evolutionäre Erfolg der Gleitflieger kommt in ihrer Anzahl und Vielfalt zum Ausdruck.

Reptilien, Amphibien und Säuger haben bei der Entwicklung von Tragflächen verschiedene Lösungen gefunden. Die meisten dieser Tiere bewohnen die Wälder Südostasiens. Sie sind hervorragende Beispiele dafür, wie sich die Evolution verschiedener Mittel zum gleichen Zweck bedienen kann. Gemeinsame Merkmale der Gleiter sind Hautsäume als Flügelflächen und ein langer, buschiger Schwanz als Steuervorrichtung. Schmuckbaumschlange und Flugfrosch sind Ausnahmen, da sie keines der beiden Organe besitzen.

Einer der in Südostasien häufigsten Gleiter ist der Flugdrache, eine Echse, die mit über einem Dutzend Arten vertreten ist. Die Bezeichnung «Flugdrachen» ist irreführend,

weil weder diese Echse noch andere vergleichbare Tiere aktiv fliegen können, sondern nur den Gleitflug beherrschen. Sie müssen zum Boden hinabsteigen, um ihre Eier abzulegen; dieses Problem hat einzig der Faltengecko gelöst: Er klebt die Eier an Baumstämmen fest. Seine «Flügel» beschränken sich auf einen den Körper umschließenden Hautsaum, der am besten am Bauch und als gezacktes Band am Schwanz sichtbar ist. Zur Vergrößerung der Tragflächen tragen die Spannhäute zwischen seinen Fingern und Zehen bei.

Zur Lebensweise der Gleitflieger sind vier Säugetiere übergegangen. Die vorwiegend in den Eukalyptuswäldern Ostaustraliens heimischen Flugbeutler besitzen, wie andere Gleitsäuger, eine Flughaut, das Patagium – eine behaarte Hautfalte zwischen vorderen und hinteren Gliedmassen. Früher verwechselten Zoologen die Flugbeutler mit den sehr ähnlichen Flughörnchen, von denen es an die vierzig Arten gibt: Zwei kommen in Nordamerika vor, eine ist in Nordeuropa von Finnland ostwärts und der Rest in Südostasien vertreten. Bei den größeren Arten ist die Flughaut durch eine knorpelige, vom Handgelenk ausgehende Rippe verstärkt und mit Muskeln versehen, die durch Veränderungen im Tonus eine bessere Flugsteuerung ermöglichen. Die Flughörnchen können in der Luft wenden und wieder zum Standort gleiten, und sie legen, von Luftströmungen getragen, etliche Kilometer zurück.

In den Regenwäldern Westafrikas wird der Platz des Flughörnchens von den Dornschwanzhörnchen eingenommen. Sie haben ebenfalls eine knorpelige Versteifung, aber ihre Fallschirmhaut beginnt bereits am Hals und schließt die Gliedmassen samt Schwanz ein, wie es auch beim Riesengleitflieger oder Flattermakis der Fall ist. Dieses auch Hundskopfgleiter genannte Tier lebt in

Südostasien und ist ein ebenso mutiger Gleitflieger wie das Flughörnchen.

Die wirklichen Flugtiere – Insekten, Fledermäuse und Vögel – begannen höchst wahrscheinlich ihre Laufbahn als Gleiter waren aber in der glücklichen Lage, besondere, mit kräftiger Muskulatur ausgestattete Flügel herauszubilden. Durch ihre Fähigkeit zum freien Flug sind manche von ihnen beweglich genug, den Raum des Waldes in seiner Höhe, Breite und Tiefe auszuloten.

Das Waldhabitat bietet den Gleit- und Flugtieren eine einmalige, unversiegbare Früchte- und Blütenquelle, die sie in reichem Maß ausschöpfen. Die im Kronendach angesiedelten Vögel sind meist nicht sonderlich fluggewandt, aber ihre abgerundeten Flügel erhöhen die Manövrierfähigkeit. Die Baumkronen sind das Revier der farbenprächtigsten Kolibris (die weniger bunten müssen sich mit tieferen Etagen des Waldes begnügen), der Fruchtauben und Papageien, Tukane und Nashornvögel, Tangaren und Kotingas.

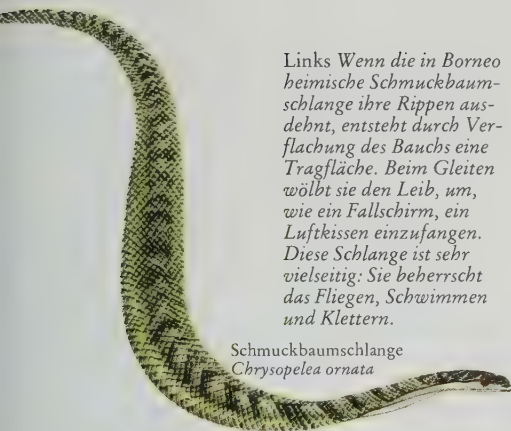
Die riesigen Schnäbel der Tukane und Nashornvögel mögen zweckmäßig beim Äsen von Früchten an den Enden langer Zweige sein, erklären aber ihre auffälligen Verzerrungen nicht. Das zweigeteilte Horn auf dem Schnabel des Doppelhornvogels war der Untergang dieses Tieres. Das Horn ist von Elfenbein umhüllt, das die Chinesen *ho-ting* nennen und für schmuckvolle Schnitzarbeiten verwenden.

Der Futterreichtum ermöglicht den Männchen der fruchtefressenden Vögel ein angenehmes Leben. Die Familienpflichten werden von den unscheinbaren Weibchen wahrgenommen, während sich die polygamen Männchen bei kunstvollen Balzspielen verausgaben, zu denen sie sich gemeinsam an bestimmten Balzplätzen versammeln.

Rechts Das Flughörnchen ist ein gewandter Gleiter, obwohl seine Flughaut kleiner ist als die der Riesengleitflieger und der Dornschwanzhörnchen. Es stößt sich mit den Hinterbeinen ab, stellt durch Strecken der Beine, bei dem sich die Flughaut voll entfaltet, das Gleichgewicht her und gebraucht dann den Schwanz als Luftbremse, um sich in die Waagerechte zu bringen (besser gesagt, um die Fallgeschwindigkeit zu drosseln), ehe es sanft auf allen Vieren landet. Die Größe der Flughörnchen reicht vom 14 cm langen, in Borneo heimischen Zwergflughörnchen bis zum überall in Südostasien verbreiteten Riesengleitflieger (1,2 m lang).







Links Wenn die in Borneo heimische Schmuckbaumschlange ihre Rippen ausdehnt, entsteht durch Verflachung des Bauchs eine Tragfläche. Beim Gleiten wölbt sie den Leib, um, wie ein Fallschirm, ein Luftkissen einzufangen. Diese Schlange ist sehr vielseitig: Sie beherrscht das Fliegen, Schwimmen und Klettern.

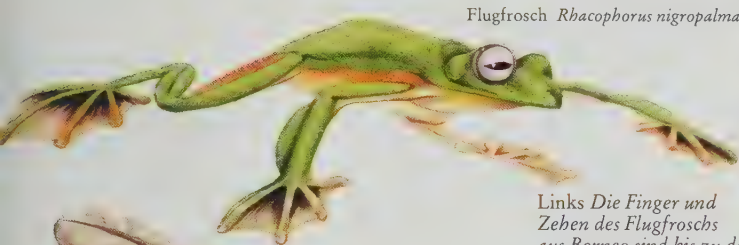
Schmuckbaumschlange  
*Chrysopelea ornata*



Rippen in unbewegtem Zustand



beim Flug ausgebreitete Rippen



Flugfrosch *Rhacophorus nigropalmatus*

Links Die Finger und Zehen des Flugfroschs aus Borneo sind bis zu den Spitzen durch Spannhäute verbunden, die beim Gleiten ein beträchtliches Tragvermögen besitzen. In der Luft nimmt dieses Tier eine für Frösche ungewöhnlich steife Haltung ein.

Rechts Die Haupttragflächen des Faltengeckos umhüllen den Bauch des Tieres wie ein zu knappes Wams. Wenn es sich von einem Baum abstößt, öffnen sie sich und machen den Faltengecko zu einem allerdings ziemlich fluguntüchtigen Gleiter.



Faltengecko *Pychozoon kuhli*



Oben Trotz ihrer völlig verschiedenen Färbung gehören diese Eclectus-Papageien (links das Männchen, rechts das Weibchen) derselben Art an. Die Männchen sind oft grell gefärbt: Den Weibchen macht nur ein prunkvolles Gefieder Eindruck.

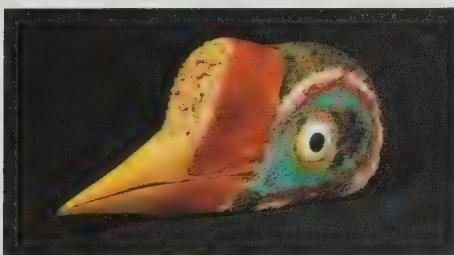


Links Der Flugdrachen ist ein Baumbewohner Malaysias. Zum Gleitflug befähigt ihn ein Hautsegel zwischen den seitlich verlängerten Rippen. Beim Start spreizen sich die Rippen und versteifen sich wie bei einem geöffneten Schirm. Wegen ihrer Anmut beim Fliegen und der bunten Segel hat man diese Echsen oft mit Schmetterlingen verwechselt.



## KUNSTHANDWERKLICHE PRODUKTE

Aus dem Horn des Doppelhornvogels, das wegen der als *ho-ting* bekannten, dünnen Elfenbeinhülle geschätzt wird, entstand im vorigen Jahrhundert unter den Händen eines chinesischen Kunsthandwerkers diese schöne, mit Pfauenfedern geschmückte Schnitzarbeit (unten). In Neuguinea werden Vögel auch wegen ihres buntglänzenden Gefieders gejagt; dieser extravagante Kopfsputz zum Beispiel ist aus Paradiesvogelfedern gefertigt (rechts).





# Primaten

Die Primaten nutzen den Wald in seiner ganzen Räumlichkeit aus. Trupps scheuer Gorillas ziehen gemächlich am Boden der afrikanischen Wälder dahin, ihren Leittieren folgend – manche Männchen erreichen an die zwei Meter Körperlänge und über zweihundert Kilogramm Gewicht –, und erklimmen Bäume nur zum Nächtigen und zum Schutz bei Gefahr. Die Klammeraffen hingegen tummeln sich behaglich in den schwindelnden Höhen der Wipfel des südamerikanischen Dschungels, gesichert durch ihr fünftes Körperglied, den außerordentlich starken und feinfühlig Greifschwanz, der sie trägt, wenn sie, rückenabwärts an Bäumen hängend, eine Mahlzeit verzehren, und der zum Pflücken von Nüssen gebraucht werden kann, während die Tiere mit allen Vieren einen Ast umklammert halten.

Die Vielfalt der Primaten – vom ratten-großen Koboldmaki bis zum mächtigen Gorilla – ist ein Beweis ihres Anpassungsvermögens und ihrer Fähigkeit, jedes verfügbare Habitat zu nutzen, oftmals durch Aufteilung, um unmittelbare Konkurrenz auszuschalten. Die Halbaffen, deren Hauptquartier Madagaskar ist, bewegen sich Tag und Nacht ungehindert durch die Tropenwälder. Der Aye-Aye indes, das seltsame, mit einem gutentwickelten Geruchssinn und Gehör ausgestattete Fingertier, wird erst nachts rege; es ortet in Borken versteckte Insekten und kratzt sie mit seinem unwahrscheinlich dünnen, langen Mittelfinger aus Ritzen und Spalten hervor.

Das Fehlen von Halbaffen in Südamerika führte dazu, daß die Durukulis oder Nachtaffen zur nächtlichen Lebensweise übergingen, statt sich die akrobatischen Kletterkünste der Klammer- und Wollaffen anzueignen. Die Nische der Durukulis nehmen tagsüber die halbaffenähnlichen Marmosetten oder Pinseläffchen ein. In Südostasien ist die Wipfelregion von den Gibbons oder Langarmaffen besetzt, die, sicher und mühelos von Ast zu Ast hangelnd, mit gewaltigen Sprüngen über Lücken im Walddach setzen.

In den Tropenwäldern Afrikas teilen fünf verschiedene Halbaffen die Futtermittel unter sich auf. Der Potto aus der Loris-Familie und der Kielnagel-Galago oder -Ohrenmaki leben gemeinsam im Laubwerk von Pflanzennahrung. Der Angwantibo oder Bärenmaki, ein enger Verwandter des Potto, tummelt auf einer niedrigeren Stufe und jagt Insekten, während sein Gefährte, der Allens-Galago, Früchteleiebhaber ist. Auch der Demidoff-Galago, die kleinste Art der Echten Galagos oder «Buschbabies», stöbert – ein Stockwerk höher – zwischen Lianen und Laub nach Früchten. Da die Primaten in ihrem Geschmack nicht wählerisch sind, überschneiden sich die Habitate der einzelnen Arten. Manche Affen arbeiten sogar zusammen und geben Alarm, wenn sie einen ge-



Unten Ein Roter Brüllaffe, der sein Gleichgewicht mit dem Schwanz ausbalanciert. Am Abend grenzen die Trupps ihr Revier durch lautes Geschrei ab.

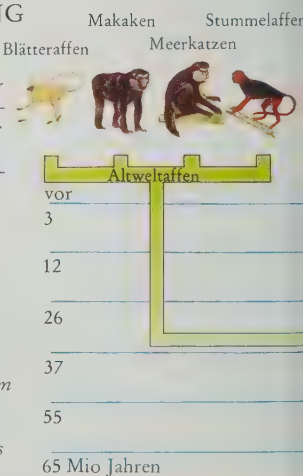


meinsamen Feind wie den afrikanischen Kronadler sichten.

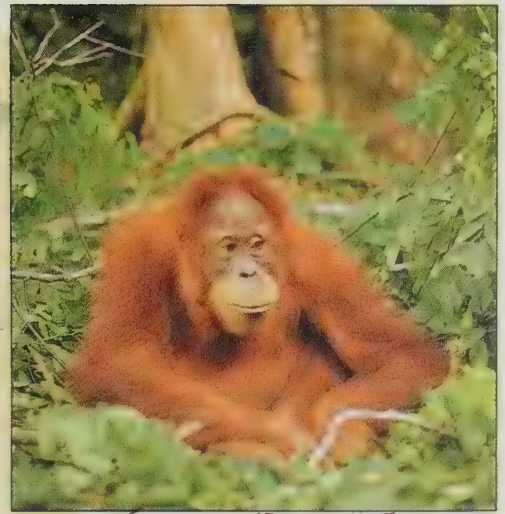
Der Orang-Utan, dessen Name im Malaiischen «Mensch des Dschungels» bedeutet, ist der größte Baumbewohner unter den Affen. Er lebt in flachen Landstrichen und ist ein ungeselliges Tier, das bei der täglichen Futtersuche nur wenige hundert Meter zurücklegt. Die Schimpansen hingegen, die die Wälder Ugandas nach Früchten durchkämmen, ziehen in großen Horden umher, und sobald eine Gruppe einen besonders ergiebigen Fund macht, kündigt sie ihn durch lautes Geschrei den übrigen Hordenmitgliedern an. Die Affen verteidigen auch ihr Territorium gemeinsam. Der Wald widerhallt von drohenden Wechselrufen, wenn die einzelnen Trupps an den Reviergrenzen ihre Gebietshoheit verkünden.

## KLASSIFIZIERUNG

Auf dieser Graphik sind nur die Primaten berücksichtigt, die Tropenwälder bewohnen. Die Affen gliedern sich in vier Gruppen: die altweltlichen Schmalnasenaffen, die Menschenaffen, die neuweltlichen Breitnasenaffen und die Halbaffen. Diese Gruppen, einschließlich der insektenfressenden Affen, gehen alle auf einen gemeinsamen Affenstamm zurück. Die Abzweigung der Halbaffen-Linie vom gemeinsamen Stammbaum zeigt, daß die Evolution der Halbaffen oder Prosimien früher stattfand als die der Menschenaffen.



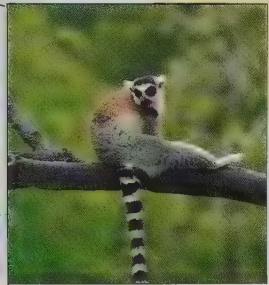




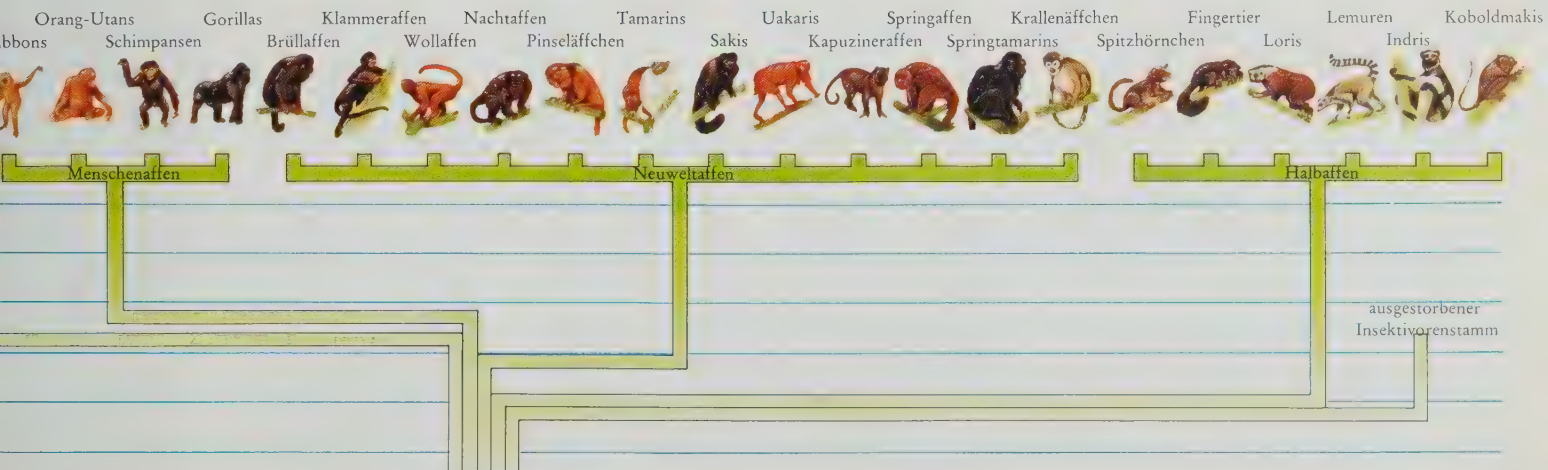
Oben Der Orang-Utan ist zu massig, um in den Wipfeln zu leben; er klettert aber, nach Früchten und Wildhonig stöbernd, behende umher.



Oben Das Koboldäffchen ist ein gewandter Springer und durch seine übergroßen Augen zum Nachttier prädestiniert.



Oben Der Katta, eine Lemurenart, füllt eine Nische aus, die durch die Abtrennung Madagaskars vom afrikanischen Kontinent unbesetzt blieb.



## DIE VERBREITUNG DER PRIMATEN

Man nahm lange Zeit an, das Verbreitungsgebiet der Primaten sei auf die Tropen beschränkt. Fossilienfunde, vorwiegend Schädel- und Zahnfragmente, deuten jedoch auf ein umfangreicheres Siedlungsgebiet hin und entsprechen der größeren Ausdehnung, die Tropen- und Subtropengürtel in vorgeschichtlicher Zeit besaßen. Im Gebiet von Paris und London herrschte damals ein Klima, wie es heute in Mexiko-City anzutreffen ist. Die Affen breiteten sich vom Gebiet, aus dem sie ursprünglich stammen (wahrscheinlich Nordamerika), über Landbrücken ostwärts nach Europa und nach

Westen und Süden über den asiatischen Kontinent aus. Da Nord- und Südamerika durch einen breiten Wassergraben getrennt waren, fand die Migration möglicherweise auf treibenden Vegetationsmassen statt. Die Landbrücke, die Europa mit Afrika verbindet, ermöglichte auch eine Besiedlung Afrikas.

Vor rund 40 Millionen Jahren begann die Temperatur auf der Erde zu sinken, und der Tropenwaldgürtel wurde schmaler. Diese Schrumpfung zwang die Mehrheit der Primaten zu einem gleichzeitigen Rückzug.



# Waldstämme

Unten Männer des Baka-  
stammes treffen Vorberei-  
tungen für das Einsam-  
meln von Wildhonig in der  
Tiefe eines Waldes ihrer  
zentralafrikanischen Hei-  
mat. Um die Honiggewin-  
nung zu erleichtern, wik-

keln sie eine Spezialrinde  
in Blätter ein und ziehen  
sie zum Bienenest hinauf.  
Der Rauch der Rinde, der  
sich nach dem Anzünden  
des Blätterbündels ent-  
wickelt, schläfert die Bie-  
nen ein.



Die Menschen, die den tropischen Regenwald bewohnen, haben unterschiedliche Beziehungen zu seinem geheimnisumwitterten, unbezähmbaren Charakter. Manche Stämme achten und verehren die feine Harmonie zwischen den Lebewesen ihrer dunklen Dschungelwelt; andere zwingt ihr Lebensstil, dem Wald durch Rodungen Ackerbauflächen abzurufen; wieder andere versuchen ihn auszubeuten und zu vernichten.

Zu den Stämmen, die in Einklang mit dem Dschungel sind, gehört das Pygmäenvolk der Baka in Zentralafrika. Die Baka führen ein nomadisierendes Leben, wie sie es seit jeher gewohnt sind; den Großteil des Jahres durchstreifen sie als Jäger und Sammler den Urwald, und die übrige Zeit verbringen sie in Hüttenlagern, die sie, mehr oder weniger auf Dauer, an der Grenze zu den benachbarten Bantu errichten. Von den sesshaften, Feldbau betreibenden Bantu tauschen sie Bananen, Makabo und den nicht lebenswichtigen, aber bei ihnen besonders beliebten Wurzel-

maniok gegen Wildbret und Waldhonig ein.

Die mühsame Routinearbeit der Ausrottung des täglich nachwachsenden Waldes ist auch schuld daran, daß die Baka so schlechte und interesselose Ackerbauern sind. Für sie zählt nur der unmittelbare Ertrag, der auf Glück, Vertrautheit mit dem Wald und viel Geschicklichkeit beruht. Bemalt mit dem roten Saft von *Pterocarpus soyauxii*, eines Baumes, den sie *ngélé* nennen, jagen die Baka nach Beute, die von Zwergantilopen bis zu Gorillas und Elefanten alle erreichbaren Wildtiere umfaßt. Ihre Wirtschaft stützt sich auf Gebrauchsgüter, die in der Nähe verfügbar, rasch hergestellt und auch rasch abgenutzt sind.

Der Birhorstamm hingegen, der die Hochebene von Tschota-Nagbur in Mittelindien bewohnt und ursprünglich ebenfalls vom Jäger- und Sammlertum lebte, ist nicht mehr in der Lage, sich wie die Pygmäen Afrikas weitgehend aus dem Wald zu versorgen. Die Birhor tauschen Walderzeugnisse, etwa

aus Lianen gefertigte Seile, Holzgefäße, Honig und Wachs auf Märkten, die verschiedene Stämme unter sich abhalten, gegen Reis und andere Getreideprodukte ein.

Der Wandel vom Jäger- und Sammlertum, das sich dem Wald gegenüber passiv verhielt, zur Mentalität der Bezaumung und Nutzbarmachung des Dschungels für Ackerbauzwecke muß viele tausend Jahre gedauert haben. Der Senoi- oder Sakaistamm, im Bergland von Zentralmalaya ansässig, ist der Überrest eines sehr alten Volkes, das vermutlich schon vor der Ankunft von Malayen und Chinesen in Südostasien angesiedelt war. Die Senoi leben vom Wanderfeldbau, den sie auf kleinen, dem Regenwald abgewonnenen Feldern betreiben.

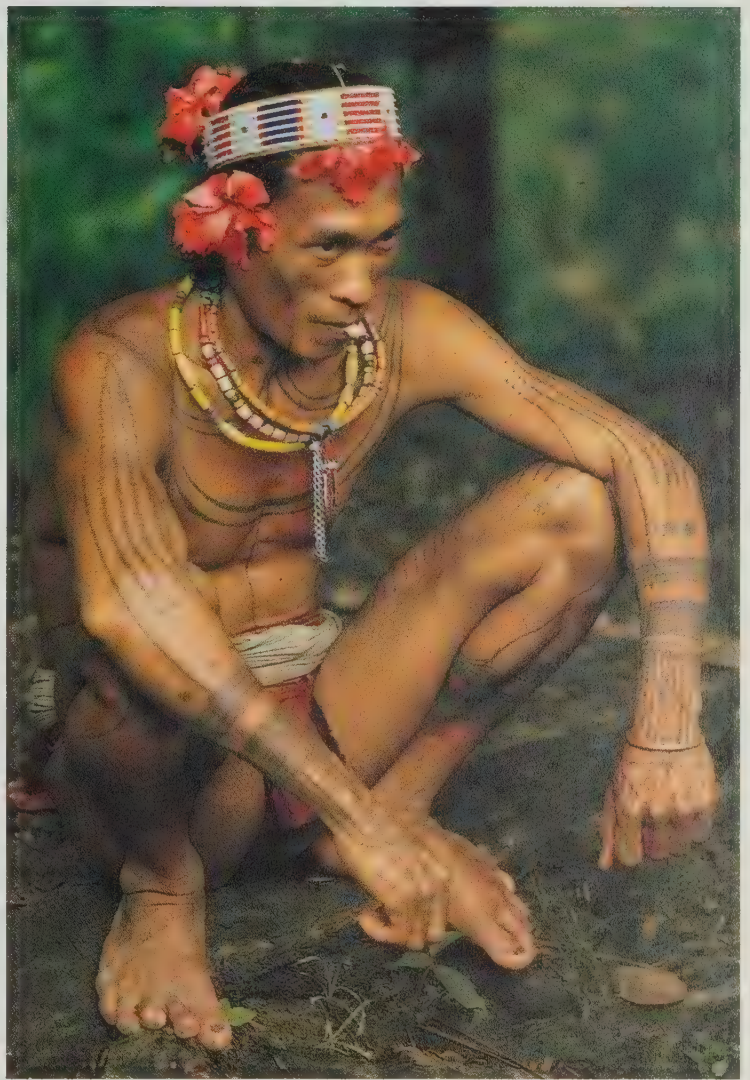
Die Waldbewohner unter den Indianern Südamerikas kennzeichnen sich durch drei gemeinsame Merkmale. Ihre wirtschaftliche Grundlage besteht aus einer Kombination von Jäger- und Sammlertum und Brandrodungsfeldbau, der die Zucht von bitterem





Rechts Der Schamane spielt in der Kultur der Waldvölker Südamerikas eine zentrale Rolle als Priester und Mediziner. Er ist mit der Eigenart gewisser Pflanzen vertraut und gebraucht daraus hergestellte Drogen, um sich in einen trance-ähnlichen Zustand zu versetzen, in dem er angeblich in Verbindung mit Geistern tritt und Krankheiten erkennen und heilen kann.

Links Bei den Baka schneiden die Jungen beim Baumfällen Fußstützen in die Rinde und sichern sich durch Lianen ab, die um ihre Taille und den Baumstamm gebunden werden. Meist üben sie das Fallen auf Bäumen ein, die von den älteren Männern mit Fußstützen versehen werden.



Oben Die Kuppelhütten der Baka werden in geräumigen Waldlichtungen gebaut. Das Gerüst besteht aus Blattstielen, die in einem Rahmen aus gebogenen Baumsämlingen festgehakt werden. Dieses Gerüst wird dann zur Tarnung mit totem Laub bedeckt und als Schutz vor Winden mit Holzklotzen beschwert.

Rechts Eine Birhorfamilie vor ihrer provisorischen Behausung. Die Birhor sind ein nomadisierender Jäger- und Sammlerstamm; sie können sich nur durch den Eintauch von Reis gegen Waldprodukte am Leben erhalten, da die Nahrungsvorräte ihrer Wälder erschöpft sind. Auf dem Bild wird der eingetauchte Reis auf Dattelpalmmatten getrocknet.

Maniok, Kassava, einschließt. Gesellschaftlich gruppieren sie sich in kleine Dorfgemeinschaften, und kulturell ist ihr Leben von ihrem Glauben an den «Medizinmann» oder Schamanen beherrscht.

Heute sind viele Indianerstämme Südamerikas, als Folge der Zerstörung ihrer Wälder und der von Fremden eingeschleppten Krankheiten, vom Aussterben bedroht. Der Schamanismus indes und der Gebrauch der diesen Stämmen vertrauten Dschungelpflanzen hat auf die städtischen Zentren übergreifen und ist in den Slums der Großstädte am Amazonas besonders virulent.



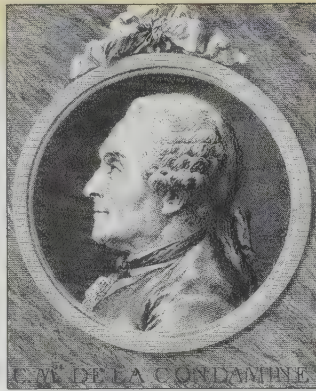
# Forscher und Entdecker

Das Wort Entdecker hat einen romantischen Klang, der das Bild einer von Härte und Entbehrung gezeichneten Abenteurernatur heraufbeschwört. Unbekannte Regionen zu erforschen war noch nie eine Betätigung für Schwache und Kleinmütige, doch das üppig wuchernde Dickicht von Wäldern zu durchdringen, in die keiner zuvor den Fuß gesetzt hat, ist stets eine der härtesten Proben gewesen, denen Menschen sich unterziehen. Von den triefenden Baumriesen und dem verschlungenen Unterwuchsgestrüpp tropischer Regenwälder geht eine dunkle Bedrohung aus, deren Bann jeder spürt. Für die ersten Entdecker war der Regenwald eine grüne Hölle – das Revier von Giftschlangen und stechenden Insekten, wo Kleider in der Nässe verrotteten oder in wenigen Stunden von Ameisen zerfressen waren.

Die ersten Europäer, die den Gefahren des Regenwalds trotzten, waren weniger von Neugier als von der Gier nach Schätzen getrieben, die sie ihm abzuringen hofften. In der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts segelten portugiesische Kapitäne, angeregt von Prinz Heinrich dem Seefahrer, die Westküste Afrikas entlang und stießen auf ihrer Suche nach Gold, Sklaven und mythischen Königreichen tief nach Süden vor.

War Beute die magnetische Kraft, die die Portugiesen nach Afrika zog, so wirkte dieselbe Kraft in noch stärkerem Maß auf die Männer ein, die zuerst die riesigen Wälder Südamerikas erforschten. Die Konquistadoren gingen mit wilder Entschlossenheit und Brutalität vor, als sie dem Land, das die sagenhaften Reichtümer von Inkas und Azteken hervorgebracht hatte, einen Teil seiner Schätze zu entreißen versuchten. Der erste Vorstoß in die Regenwälder des Amazonas wurde von einer kleinen Schar unter Führung Francisco de Orellanas, eines ebenso zähen wie grausamen Spaniers, unternommen. Diese Männer suchten nach Gold, aber auch nach Zimtbäumen, deren Produkt ein in Europa hochbegehrtes Gewürz war. Orellana brach 1541 zu seiner 17monatigen Expedition auf, die ihn unter unsäglichen Strapazen vom Quellgebiet des Amazonas bis zur Mündung führte; in dieser Zeit gab es für die Gruppe bisweilen nur Kröten und Schlangen zu essen, und die Männer waren in ständige Kämpfe mit Indianern verwickelt.

Bis zum 18. Jahrhundert war die Ausbeutung der Natur das einzige Motiv für Entdeckungsreisen. Doch im Zeitalter der Aufklärung schälte sich ein neuer Beweggrund heraus: die wissenschaftliche Neugier. Sie führte den französischen Mathematiker Charles-Marie de la Condamine mit dem Auftrag nach Südamerika, Messungen zur Bestimmung der Gestalt der Erde vorzunehmen. Auf seiner achtjährigen Reise entdeckte er den Gummibaum, von dem im 17. Jahr-



Oben Die berühmteste Entdeckung des passionierten Wissenschaftlers und Geografen La Condamine war der Gummibaum, *Hevea brasiliensis*, der großes Aufsehen erregte.



Oben Theodore Roosevelt beschrieb die Wälder am River of Doubt, heute Rio Roosevelt: «Der hohe, verschlungene Wald ragte beidseits empor wie ein grüner Wall... Weinranken hingen in Schleifen herab wie große Seile.»



Oben Humboldts Floß mit Nahrung aus dem Wald. Die übergroße Höhe der Bäume enttäuschte ihn: «Der Reisende muß leider oft feststellen,

daß er die Blüten der Bäume nicht zu erreichen vermag, deren Laubwerk und Verzweigungen zuvor seine Aufmerksamkeit erregt hatten.»

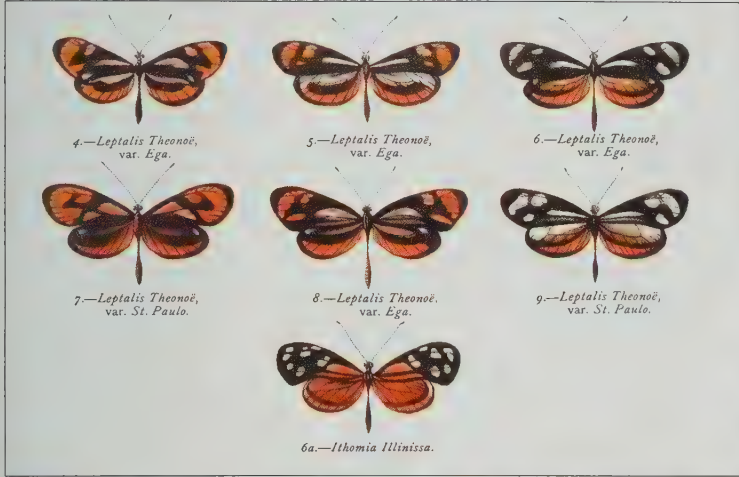
Der Regenwald des Amazonas, eine der größten Herausforderungen für Forschungsreisende, konnte zuerst nur auf dem Wasserweg durchquert werden. Wegen der Dichte des Unterwuchses am Flußufer wird der Wald in den frühesten Schilderungen als wilder Dschungel beschrieben; dabei ist der Waldboden im Inneren, wo das Sonnenlicht nicht hingelangt, kahl. Von den Flüssen aus konnten die ersten Forscher jedoch die Tiere des Amazonas beobachten, die zur Tränke kamen.

- Orellana 1541
- La Condamine 1735
- Humboldt 1749
- Humboldt 1800 – 1803





Rechts Alfred Russel Wallace, ein begeisterter Darwinist, brach zusammen mit Henry Walter Bates zur Erkundung des Amazonasgebiets auf, um «das Problem des Ursprungs der Arten zu lösen». Der üppige Urwald war ein Paradies für Naturforscher und ist es bis heute geblieben. Bates' Entdeckung der Mimikry von Schmetterlingen gilt als abgerundete biologische Studie; einige seiner Skizzen sind unten abgebildet.



ntins

Rechts Oberst Fawcett grüßt seine brasilianischen Freunde im Dead Horse Camp zum Abschied; dieses Lager ist die letzte bekannte Etappe seiner Expedition nach Mato Grosso. Er wurde vermutlich von Indianern umgebracht.



hundert viel gesprochen worden war, und führte ihn als erster wieder in Europa ein. La Condamines Spur nahm eine Reihe bekannter, von den spanischen Behörden ausgesandter Botaniker auf. Pater Mutis, ein Naturforscher, der sich 1760 auf die Reise begab, gelangte in den Besitz von *Aristolochia*, dem Schlangenbiß-Gegengift, und stieß auf *Cinchona*, den Chinarindenbaum (siehe Seiten 212/213).

Alexander von Humboldt unternahm, in Begleitung des französischen Arztes und Botanikers Aimé Bonpland, von 1799 bis 1803 eine Forschungsreise in Südamerika — eine Odyssee, die ihn Tausende von Meilen durch jungfräuliches Gebiet führte. Er interessierte sich für jedes naturwissenschaftliche Gebiet, von der Geologie, Zoologie und Anthropologie bis zur Meteorologie. Durch seine Forschungen wurde bestätigt, daß es einen Verbindungsgegend zwischen Orinoco und Ama-

zonas gibt, die Bifurkation des Casiquiare. Vor allem aber studierte Humboldt das Pflanzen- und Tierleben mit der größtmöglichen Sorgfalt und Genauigkeit; nach der Heimkehr brauchte er 25 Jahre, um seine Reise auszuwerten.

An Humboldts Expedition knüpfte binnen kurzem Charles Darwin an, die überragende Gestalt unter den Naturhistorikern. Auf seiner berühmten Reise zu den Galapagosinseln, die die Voraussetzung für seine Theorie über die Entstehung der Arten schuf, hielt sich Darwin mehrmals auf dem südamerikanischen Kontinent auf und durchforschte den Urwald.

Die Anregungen Humboldts und Darwins gaben der Erforschung des Waldes eine wissenschaftliche Grundlage. Das ganze 19. Jahrhundert hindurch legten Männer unterschiedlichster Herkunft — vom Prinzen Maximilian zu Wied bis zum einfachen Brau-



«Ich bat meine freundlichen Wanguanas, mir zu helfen, und wir schnallten uns die beiden größten Kanus um, während der schwächere Eingeborene einen Pfad durch den Wald bahnte.» H. M. Stanley auf seiner Forschungsreise in der Kongoregion, am teilweise unbefahrten Fluß Zaire.

Rechts Michael Rockefeller, Sohn des früheren Gouverneurs von New York, wurde wahrscheinlich in Neuguinea getötet, als er 1961 eine anthropologische Expedition unternahm.



ereiangestellten Henry Walter Bates — Sammlungen an, die Zehntausende seltener Exemplare aus Flora und Fauna umfaßten.

Der Tod ist den Entdeckern stets dicht auf den Fersen gewesen. Selbst die kundigsten unter ihnen wurden oftmals Opfer ihrer Abenteuerlust. So blieb der erfahrene englische Landmesser Percy Fawcett mit seiner gesamten Mannschaft im Hinterland des Amazonas verschollen.

Obwohl Teile der Tropenwälder heutzutage gefahrlos erscheinen, bleibt der Wald weiterhin denen vorbehalten, die das Unvorhergesehene lieben und gut darauf vorbereitet sind.



# Das Regenwalddilemma

Unten Ein Fünftel des in die Ozeane fließenden Wassers wird vom Amazonas in den Atlantik entladen, und in dem Flußbecken strömen zwei Drittel des Süßwassers der Erde zusammen. Das Gebiet ist nur deshalb so was-

serreich, weil das vom Wald durch Transpiration abgegebene Wasser als Regen wieder zur Erde fällt. Wenn der Wald verschwände, ginge ein Ökosystem verloren und der Wasserkreislauf der Erde würde beeinträchtigt.



Genauso wie die Wälder in Nordamerika den ersten Siedlern endlos vorkamen, schien auch der tropische Regenwald weit und unerschöpflich. Erst als im 19. Jahrhundert Krankheitsgefahren und Transportprobleme gemeistert waren, begann sich der Mensch an diesen Wäldern zu vergreifen.

Als durch das Bevölkerungswachstum Boden und Rohstoffe verknappten, wurden die Regenwälder zunehmend zurückgedrängt; heute sind sie in vollem Rückzug – sei es vor Viehzüchtern am Amazonas, Wanderfeldbauern und Holzfällern in Südostasien oder sich ausbreitenden Wüsten in Afrika. Jährlich werden schätzungsweise 15 Millionen Hektar Wald abgeholzt; das bedeutet, daß in jeder Sekunde eine Fläche von der Größe eines Fußballplatzes verschwindet.

Bei ihrer Ausdehnung und Differenzierung, die sich im Laufe von Jahrmillionen vollzog, entnahmen die Wälder Kohlendioxyd aus der Luft, gaben dafür den Sauerstoff ab, den wir heute atmen, und speicherten aufgenommenen Kohlenstoff in ihren Stämmen, Wurzeln, Ästen und Blättern. Rund zwei Drittel des auf der Erde erzeugten Sauerstoffs stammen von Landpflanzen,

und die Hälfte davon strömt der tropische Regenwald aus.

Doch die Wälder erzeugen nur so viel Sauerstoff, wie sie Kohlendioxyd aufzehren, denn da sie als Klimaxgesellschaften den Endzustand der Vegetationsentwicklung erreicht haben, brauchen sie keinen Kohlenstoff mehr zu speichern. Das Verschwinden dieser Wälder hätte deshalb keine Auswirkung auf den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre, ganz im Gegenteil: Wenn sie beseitigt und von der Natur oder dem Menschen durch Jungbäume ersetzt werden, erhöht sich der Sauerstoff in der Luft.

Zu bedenken ist aber, daß beim Einschlag dieser Wälder zumindest die Hälfte des Holzes als Heizmaterial oder im Brandrodungsfeldbau in Flammen aufgeht und dabei der in den Bäumen gebundene Kohlenstoff zu Kohlendioxyd wird. Kohlendioxyd aber hat die Wirkung einer riesigen Isolierweste – es verhindert, daß die von der Erde abgestrahlte Wärme in den Weltraum entweicht. In den letzten zwanzig Jahren hat der Kohlendioxydgehalt der Atmosphäre wegen Verbrennung von Holz und fossilen Stoffen wie Kohle und Erdöl um fünf Pro-

zent zugenommen. Nach einer gewissen Theorie werden bei einem weiteren Wärmeanstieg die Eiskappen der Pole schmelzen, so daß die Spiegel der Ozeane ansteigen und Städte wie London und Washington in den Meeresfluten versinken.

Nach einer anderen Theorie ist mit dem Umgekehrten zu rechnen: Je größer die Menge von Materiepartikeln ist, die durch menschliche Aktivität oder Naturkatastrophen wie Vulkanausbrüche in die Atmosphäre eintreten, um so weniger Sonnenwärme dringt zur Erde durch, und die Temperatur fällt. Obwohl beide Theorien unbewiesen sind, müssen sie durchaus ernstgenommen werden.

Die Tropenwälder stehen im Mittelpunkt eines weiteren Kreislaufs der Natur – dem Wasserkreislauf. Allein der Amazonas führt ein Fünftel des in die Weltmeere fließenden Wassers in den Atlantik ab, und das Strombecken faßt zu jeder Zeit des Jahres zwei Drittel sämtlichen Süßwassers der Erde. Das Verschwinden des Regenwaldes am Amazonas hätte unabsehbare Auswirkungen auf den Weltwasserzyklus und könnte außerdem zu beträchtlichen Klimaumschwüngen füh-



Unten Der wachsenden Erkenntnis, daß die langfristige Gesunderhaltung des Regenwalds für Wirtschaft und Umwelt eine äußerst wichtige Rolle spielt, ist es teilweise zu verdanken, daß heute in den Tropenländern das

Interesse am Schutz des Waldes geweckt wird. Ein möglicher Weg, die Initiative zu ergreifen, ist — wie es das Beispiel des Quezon-Nationalwaldparks auf den Philippinen zeigt — die Nutzung des Waldes als Erholungsstätte.



Oben Die Wissenschaft kann zur Befriedigung vieler menschlicher Bedürfnisse, zu medizinischen und landwirtschaftlichen Zwecken, Nutzen aus den

Beständen des tropischen Regenwalds ziehen. So enthält das rosafarbene Immergrün Alkaloide, die bestimmte Arten von Krebs heilen.

ren. Da das Amazonasbecken nur deshalb so wasserreich ist, weil sich das Wasser, das der Wald durch Transpiration abgibt, als Regen wieder niederschlägt, würde dieses riesige Gebiet womöglich in einen wüstenähnlichen Landstrich verwandelt, wenn man die Wälder vernichtete.

Es ist indes unwahrscheinlich, daß die Regenwälder jemals ganz vernichtet werden, denn sie haben erstaunliche Fähigkeiten zur Regeneration und Neubesiedlung des Bodens. Kahlschläge bringen jedoch keine Primärwälder hervor, in denen wertvolle Laubhölzer wie Mahagoni, Ebenholz und Greenheart vorkommen, sondern nur Sekundärwälder mit geringwertigen Handelshölzern, die weniger Ertrag abwerfen als Harthölzer.

Sinnvolle Methoden, im Wald Holz und Nahrung zugleich zu gewinnen, lassen sich nur dann finden, wenn jedem größeren Projekt sorgfältige, sachgemäße Studien vorausgehen. Forst- und Landwirtschaft schließen sich keineswegs aus, wenn die Anbautechniken dem Urwald so angepaßt werden, daß er in diesem heißen Feuchtgebiet überlebt.

Neben ihrer Rolle als Nahrungsmittel- und Holzerzeuger haben diese Wälder eine

weitere, wenn auch passive Funktion. Die Pflanzenarten, die auf ihrem Boden gedeihen, sind so zahlreich, daß sie womöglich wirtschaftlich bedeutsame Gewächse bergen, die man bislang nicht nutzte, so das rosafarbene Immergrün, *Vinca rosea*. Der Kautschukbaum war nur eine unter unübersehbar vielen Pflanzen, die man im verschlungenen Dickicht des Amazonas-Dschungels entdeckte.

Außerdem sind die tropischen Regenwälder als «Genbank» von größter Bedeutung für die Landwirtschaft der Zukunft. Kulturpflanzen fallen häufig Schädlingen und Krankheiten zum Opfer, so daß die Züchtung neuer Formen nötig ist. Pflanzenzüchter müssen zur Herstellung widerstandsfähiger Rassen oft auf natürliche Waldvarietäten zurückgreifen.

Die Schutzmaßnahmen, die die Regierungen Costa Ricas und Sarawaks beschlossen haben, sind ein erster Schritt zur Erhaltung der Wälder, und es ist dringend notwendig, daß alle Länder, die über Regenwälder verfügen, diesem Beispiel folgen. Es müssen Forstwirtschaftskonzepte erarbeitet werden, die Holzproduktion und Landwirtschaft in den Waldschutz miteinbeziehen.



# GEMÄSSIGTE ZONEN

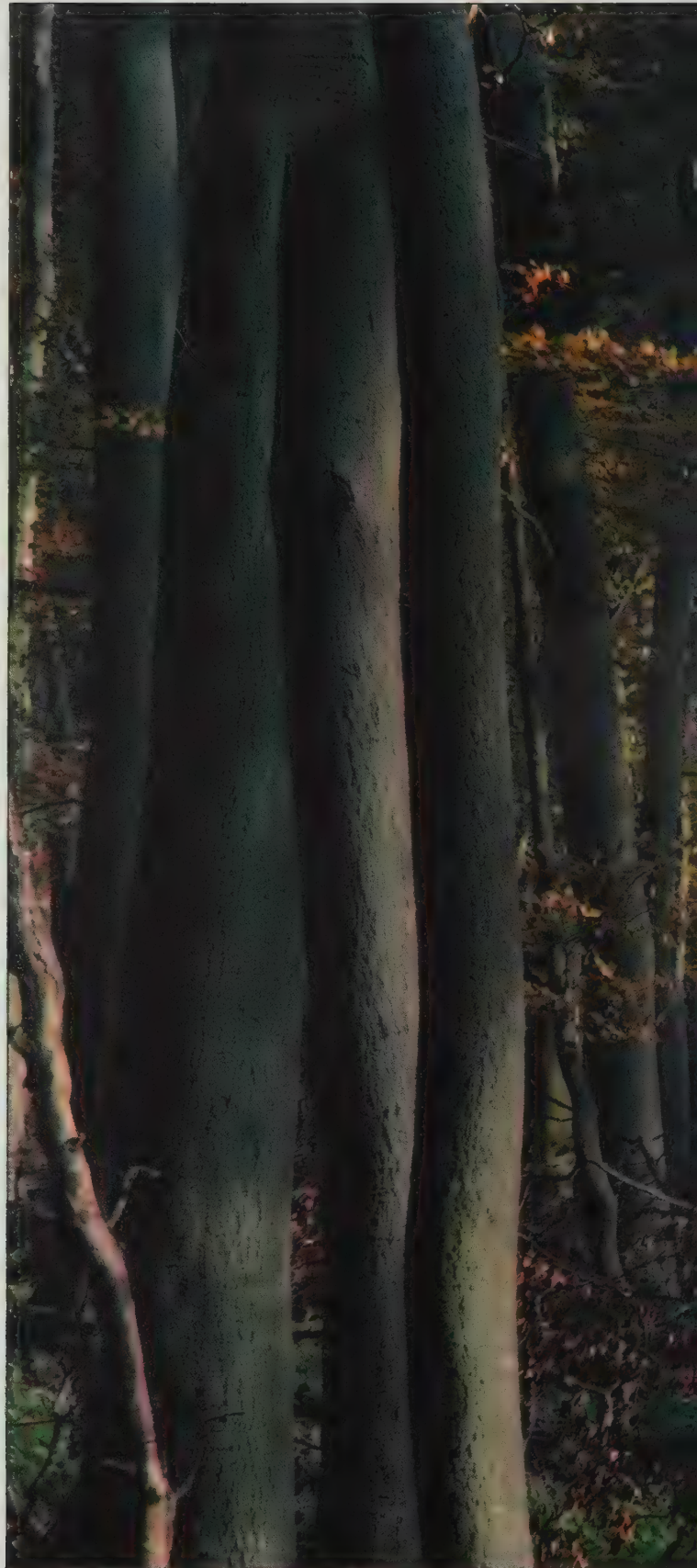
...Vorboten des Frühlings — er liegt spürbar in der Luft.

Das Pfeifen einer recht steifen Brise dann und wann in den Bäumen. Nun wirbelt ein kleines totes, unscheinbares

Blatt, lange Zeit vom Eis umschlossen, in einem unbändigen Tanz der Befreiung durch Raum und Licht, von irgendwoher hoch in die Luft empor und stößt schließlich im Sturz hinab ins Wasser, wo es, festgehalten, untergehend dem Blick rasch entschwindet. Büsche und

Bäume sind noch kahl, nur die Buchen haben einen großen Teil des vorjährigen Laubes, nun braun und runzlig, bewahrt; die eingesprengten Thujen und Kiefern sind grün, und die Gräser umgibt ein Hauch künftiger Dichte. Und über allem eine herrliche Kuppel reinen Blaus, das Spiel hellen und gedämpften Lichts und große Felder weißer Schäfchen, die lautlos ziehen.

WALT WHITMAN, *The Gates Opening*, 1801 — 1892  
(«Die Tore öffnen sich»)









# Das Ökosystem

Da die sommergrünen Laubwälder in feuchtem, gemäßigtem Klima wachsen, das sich besonders für den Ackerbau eignet, mußten sie auf der Nordhalbkugel zum großen Teil Feldern, Weiden und Siedlungen weichen. Auch in Nordamerika, das erst vor relativ kurzer Zeit besiedelt wurde, gibt es nur noch wenige sommergrüne Wälder, die unberührt sind. Doch die noch vorhandenen Bestände geben uns ein Bild von ihrem ursprünglichen Aussehen.

Über die ursprüngliche Verbreitung der sommergrünen Wälder besteht indes kein Zweifel. Sie bedeckten den größeren Teil Mittel- und Westeuropas nördlich der Alpen und Pyrenäen, zogen sich in einem zwischen borealen Nadelwäldern und südlichen Steppen verlaufenden Gürtel über Rußland bis gegen den Ural hin, wo sie endeten, um sich in der Amur-Region, in Teilen Zentralchinas und in Japan neu zu formieren. In Nordamerika erstreckten sich die schönsten Laubwälder beiderseits der Appalachen, zwischen Atlantikküste und Mississippi und nordwärts bis zu den Großen Seen.

Man mag sich fragen, weshalb die sommergrünen Laubwälder in der nördlichen Hemisphäre so weit verbreitet sind, da doch in den gleichen Klimazonen der Südhalbkugel temperierten Klimaten angepaßte Hartlaubhölzer vorherrschen. Nun, es wäre denkbar, daß sich die Laubbäume, als sie sich in der Vorzeit nach Norden ausbreiteten, unter dem Druck einer längeren jahreszeitlichen Trockenperiode zu laubwerfenden Bäumen entwickelt haben.

Die Klimabedingungen, unter denen diese sommergrünen Wälder wachsen – mittlere Jahrestemperaturen, Regenzeiten und Tageslänge –, weichen ziemlich stark voneinander ab. Trotzdem ist die Zusammensetzung dieser Wälder sehr ähnlich.

Ausladende Bäume wie Eichen und Buchen schließen sich zum Kronendach zusammen, während weniger große, wie Ahorne und Birken, die nächsttiefer Schicht bilden, unter der Hartriegel, Hagedorn und Stech-

palmen eine mannigfaltige Kleinflora und das vom herbstlichen Fallaub genährte Erdreich beschatten. Die Bäume entledigen sich ihrer Blätter zur Winterszeit, weil Kälte das Laubwerk schädigen würde und Stürme wegen des Widerstands, den ihnen das Laub entgegensetzte, Äste brechen oder ganze Bäume fällen könnten.

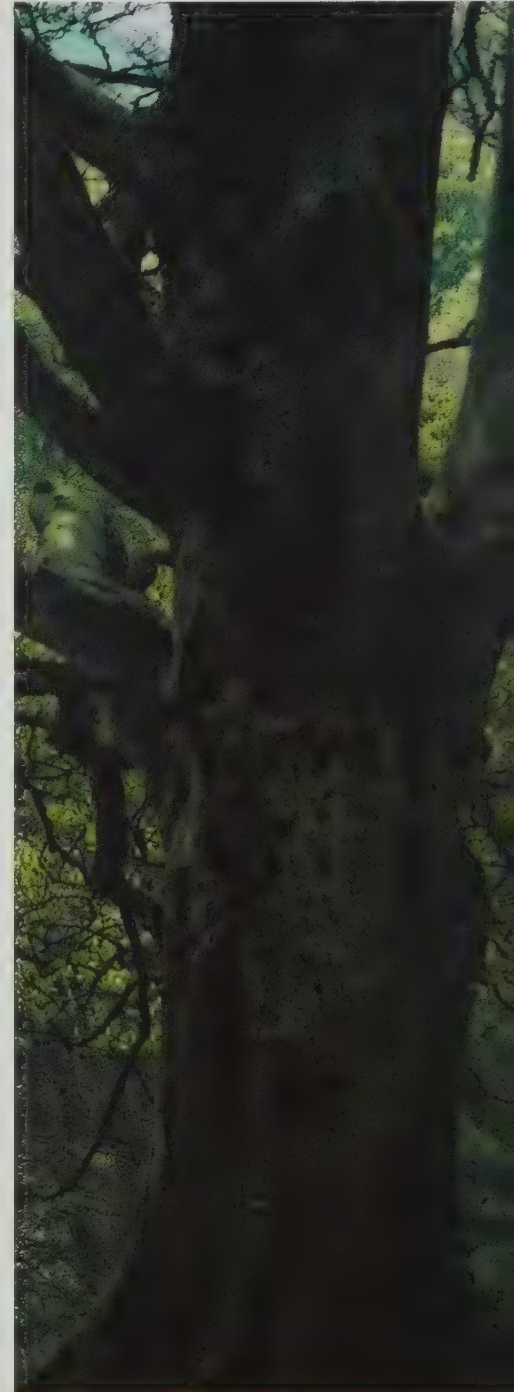
Die Wälder Nordamerikas und Ostasiens sind viel reicher an Baumarten als die in Europa und Westasien, vermutlich wegen der unterschiedlichen Ausrichtung der Hauptgebirgsketten, die – zumindest in Nordamerika – von Nord nach Süd, in Europa aber von West nach Ost verlaufen. Die Migration der Bäume nach der letzten Vergletscherung war deshalb in Amerika, wo sie die Täler hinaufwandern konnten, viel einfacher als in Europa, wo die Bergketten im Weg standen (siehe Seiten 26/27).

Die Artenvielfalt in Nordamerika ist so groß, daß sich drei verschiedene Hauptwaldtypen erkennen lassen. Der Norden ist von Großblättriger Buche, *Fagus grandifolia*, und Zuckerahorn, *Acer saccharum*, beherrscht, die durchmischt sind mit einigen Nadelholzarten; im Südosten dominieren diverse Eichenarten, so die Weißeiche, *Quercus alba*, und *Q. montana*. Weiter westlich vermischen sich Nördliche Roteiche, *Q. borealis*, und Färbereiche, *Q. velutina*, mit dem Hickory *Carya ovata* und weiteren Mitgliedern dieser Gattung.

In Europa ist das Artenspektrum weniger breit, aber im allgemeinen kommen dieselben Gattungen vor. Der Hauptteil der Wälder besteht aus zwei Eichenarten, der Stiel- und der Traubeneiche, *Quercus robur* und *Q. petraea*, zwei Buchen, der Rotbuche, *Fagus silvatica*, und *F. orientalis*, dem Bergahorn, *Acer pseudoplatanus*, und der Warzen- oder Hängebirke, *Betula pendula*. In Asien sind wiederum dieselben Gattungen vertreten: Eichen wie Daimjo-Eiche, *Quercus dentata*, Buchen wie *Fagus japonica* und Birken.

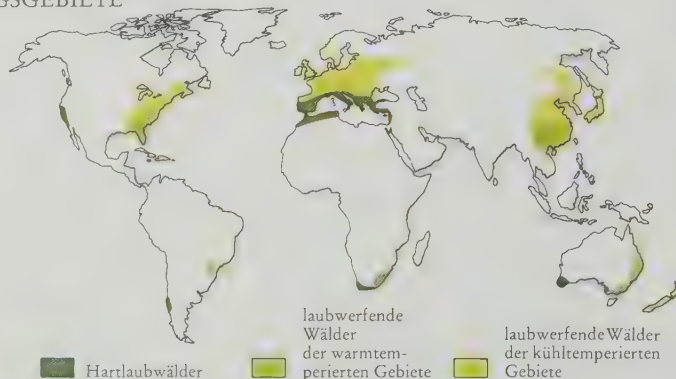
Rechts Schnitt durch einen typischen laubwerfenden Wald in North Carolina im Osten der USA. Die Bäume bilden ein horizontales Muster. Die oberste Schicht – hauptsächlich Eichen, Hickorys und ein paar Kiefern – erreicht eine Höhe von dreißig Metern und mehr; sie beherrscht die übrige Gemeinschaft durch ihre Schattenwir-

kung (unten) und bestimmt Anzahl und Art der Pflanzen, die in den niedrigeren Waldschichten gedeihen. Unter dieser obersten befindet sich eine Schicht kleinerer, schattenholder Bäume, meist Eichen, Ahorne und Hartriegel, und noch eine Stufe tiefer, nur ein paar Fuß breit über dem Boden, eine Schicht von strauchigem Wacholder und Pfeilwurz.



## HAUPTVERBREITUNGSGEBIETE

Die ausgedehntesten Laubwälder befinden sich in Osteuropa, Nordamerika und Asien. Wälder mit Beständen warmtemperierter Gebiete wachsen auch an den Ostflanken der Kontinente, jedoch in niedrigeren Breiten, während in mediterranen Klimaten Hartlaubwälder gedeihen. Man nimmt an, daß die Entwicklung des Laubwurfs die Reaktion auf eine ausgedehnte Trockenzeit vor Jahrmillionen im Norden war.







Unten Bodenquerschnitt eines typischen sommergrünen Laubwaldes. Die Baumwurzeln dringen zur Aufnahme von Mineral- und Nährstoffen tief ins Erdreich ein. Jeden Herbst fällt das Laub zur Erde und bildet eine dicke Streuauflage, die den zahllosen, in der warmen, feuchten Umgebung des Waldbodens gedeihenden



Kleinlebewesen, Pilzen und Bakterien Nahrung und Schutz bietet. Die Bakterien und Pilze zersetzen die Pflanzenrückstände zu dunklem organischem Humus und führen so die lebenswichtigen Nährstoffe, die von den Bäumen verbraucht wurden, wieder dem Boden zu. Der Waldboden birgt außerdem eine Vielzahl von Regenwürmern und Insekten, die ihn mischen und durchlüften.



# Die Bäume

Von den vielen tausend Baumarten, die in den sommergrünen Wäldern der Nordhalbkugel wachsen, dürften die Eichen, *Quercus*, die bekanntesten sein. Zwar gibt es Hunderte von Eichen, und keine ist der anderen gleich, aber eines haben alle gemeinsam: Sie tragen länglichrunde Früchte, Eicheln, deren Becher von holzigen Schuppen bedeckt sind.

Manche Arten, so die Roteiche aus dem Nordosten Amerikas, nehmen im Herbst eine prächtige, flammend rote Färbung an; andere, wie die europäischen Eichen, haben eine bescheidenere Herbstfarbe, liefern aber dafür erstklassiges Holz und sind ungeheuer langlebig. Sie beherrschen die großen Laubwälder West- und Mitteleuropas, wo immer der Boden tief, feucht und fruchtbar ist.

Die Buchen, *Fagus*, wachsen, oft reine Bestände bildend, auf trockeneren, gewöhnlich stark kalkhaltigen Böden. In den Buchenwäldern, die von Nordamerika bis Japan vorkommen, gibt es acht verschiedene Arten, aber die Unterschiede zwischen ihnen sind gering. Das Holz der grauen Buchenstämme ist glattfaserig und leicht zu bearbeiten; es eignet sich gut als Drechslerholz, für Parkettböden und viele andere Zwecke.

Die 26 Arten der Hain-, Hage- oder Weißbuche, *Carpinus*, gesellen sich oft den Buchen zu, wenn auch die Hainbuche ein etwas kleinerer Baum mit dickeren, ovalen, gezähnten Blättern und geflügelten, büschelweise am Zweig sitzenden Früchten ist. Das deutlichste Merkmal dieser Bäume ist ihr tief gefurchter Stamm, dessen hartes Holz vielfältige Verwendung findet.

Alle Eschen, *Fraxinus*, von denen es über sechzig zum Teil sehr hochwüchsige Arten gibt, tragen große, gefiederte Blätter, die erst spät im Frühling ihre sehr auffälligen schwarzbraunen Knospen sprengen und früh im Herbst wieder fallen. Die purpurroten Blüten entfalten sich vor dem Laub und entwickeln sich zu Büscheln propellerartiger Flügelnüsse, die den ganzen Winter am Baum hängenbleiben. Die Esche gedeiht in offenen Wäldern und auf fruchtbarem, kalkhaltigem Boden am besten. Ihre von rauher Borke umhüllten, blaßgrauen Stämme liefern ein zähes, elastisches Holz, das man zur Fertigung von Sportgeräten und Werkzeuggriffen verwendet und früher auch für Wagenradspeichen gebrauchte.

Die 18 Ulmenarten, *Ulmus*, kommen selten in Reinbeständen oder als Leitpflanzen vor, sondern sind meist über den Wald verstreut — hohe Bäume, die unsymmetrisch angeordnete, eiförmige, ziemlich rauhe Blätter und große Mengen breitflügelter Nüsschen hervorbringen, obwohl sich manche Arten hauptsächlich durch Wurzelsproßlinge vermehren. Das Ulmenholz ist ungewöhnlich feuchtigkeitsbeständig und wird für Särge, Außenverschalungen von Gebäuden und auch für Möbel verwendet.

Im Norden, wo die sommergrünen Wälder in den Nadelwald übergehen, sind weite Landstriche von zahlreichen Spielarten der Weide, Pappel und Birke bedeckt. Die meisten Weiden — *Salix* — sind niedrige Bäume, oft nur Sträucher und manchmal kriechende Zwerggewächse, die in den feuchten Teilen

der Wälder und in Gewässernähe gedeihen.

Die Pappeln — *Populus* —, namentlich die Aspen, Espen oder Zitterpappeln, *P. tremula* und *P. tremuloides*, mischen sich mit den Koniferen: als Jungbäume sind sie in hohen Breiten oft kräftiger als ihre zapfentragenden Rivalen. An feuchten Standorten wachsen manche Pappeln zu hohen Bäumen heran, insbesondere die Balsampappel aus Kalifornien, *P. trichocarpa*, und die europäische Schwarzpappel, *P. nigra*. Ihr weißes Holz ist ziemlich weich und wird daher zur Papier- und Streichholzerstellung verwendet.

Mit Ausnahme der im Nadelwald heimischen Zwergarten sind die Birken, *Betula*, grazile Bäume. Die meisten haben eine schuppige weiße, schwarz gesprenkelte Rinde, und die Anmut ihrer Kronen aus schlankem, überhängendem Geäst tröstet über die triste Kahlheit des Winterlaubwalds hinweg.

Die Ahorne, *Acer*, sind sowohl in Amerika wie in Asien zahlreich vertreten: Im östlichen Nordamerika sind es vorwiegend Ahornarten, die das herbstliche Farbenschauspiel der Wälder in Szene setzen, während sich die Ahorngewächse Asiens durch erstaunlich vielfältige Blattformen und verschiedenfarbige Rinden auszeichnen. Im europäischen Laubwald dagegen gibt es nur drei Ahornarten.

Silberahorn, *A. saccharinum*, und Großblättriger Ahorn, *A. macrophyllum*, beide aus Nordamerika, sind hohe, breitausladende Bäume; der Zuckerahorn, *A. saccharum*, wird zur Gewinnung von Sirup gezapft. *A. pseu-*



**Eichen**  
Stieleiche *Quercus robur*. Es gibt über achthundert Eichen, manche laubwerfend, manche immergrün. Die Eichen Nordamerikas gliedern sich in Weißeichen und Schwarzeichen.

**Ahorne**  
Zuckerahorn *Acer saccharum*. Zur Gattung Ahorn gehören über zweihundert Arten, die in Nordamerika, Asien und Europa verbreitet sind. Die Blätter des Zuckerahorns färben sich im Herbst leuchtendrot und gelb.

**Buchen**  
Rotbuche *Fagus sylvatica*. In der gemäßigten Zone kommen acht Buchenarten vor. Sie bevorzugen trockene Böden, sind kalkliebend und bilden meist dichte Bestände. Die Rotbuche erreicht dreißig Meter Höhe.

**Hain-, Hage- oder Weißbuchen**  
Gemeine Hainbuche *Carpinus betulus*. Es gibt 26 Hainbuchenarten, deren Größe zwischen zwölf und dreißig Meter beträgt. Sie haben tiefgefurchte Rinden und mischen sich oft mit Buchen.

**Pappeln**  
Nordamerikanische Schwarzpappel *Populus deltoides*. Die Pappeln wachsen am Nordrand der sommergrünen Wälder und bilden oft Mischbestände mit Koniferen. Sie siedeln sich häufig an Wasserläufen an.



*doplatanus*, der frost- und windfeste Bergahorn Europas und vielleicht der größte Ahorn überhaupt, wächst an exponierten Lagen, wo wenig andere Bäume gedeihen, und erzeugt ein feinfaseriges weißes Holz von hervorragender Qualität. Die ostasiatischen Arten *A. hersii* und *A. griseum* beleben mit ihrer aparten Tönung den Wald, während der dekorative, brillant gefärbte japanische Fächerahorn in vielen Gärten der gemäßigten Zonen Eingang gefunden hat.

Die meisten der erwähnten Bäume sind, jeder auf seine Weise, für den Wald und seine Tiere, aber auch für den Menschen nützlich. Manche sind einfach schön zum Ansehen, andere liefern Holz, und wieder andere sind zugleich Nahrungsquelle. Die diversen Kirscharten, *Prunus*, im Frühjahr an Waldrändern von Blüten übersät, tragen vor dem herbstlichen Farbwechsel schmackhafte Früchte, und das wohlriechende Holz ihrer glatten roten Stämme ist sehr begehrt. Auch die Edelkastanien, *Castanea*, bringen süße, eßbare Früchte hervor, die, von stacheligen Hüllen umgeben, zwischen den langen, gezähnten Blättern hängen. Und der Nußbaum, *Juglans*, liefert sowohl ein wunderschön gemasertes, wertvolles Holz wie auch nahrhafte Nüsse, die von einer grünen, fleischigen Haut umgeben und gehirnnähnlich von einer Schale umschlossen sind. Die Hickorynüsse, *Carya*, auf Nordamerika und China beschränkt, sind eng mit den Walnüssen verwandt, und manche dieser Bäume, so die Pecannuß, *C. illinoensis*, tragen wohlschmeckende Früchte.



### Magnolien

**Großblütige Magnolie** *Magnolia grandiflora* Die 35 Magnolienarten, von denen etliche weltweit in Gärten kultiviert werden, sind nicht nur Ziergewächse: In ihrem Verbreitungsgebiet im Südosten der USA wächst *M. grandiflora* in ausgedehnten Klimaxwäldern.

Links Da die Buchen an magere Kalkböden angepaßt sind, vermögen sie sich in Wäldern zu behaupten, wo andere Bäume absterben. Die dichten Lagen flacher Blätter eines Buchenbestandes sind so gut wie lichtundurchlässig, so daß Bodenpflanzen wie Brombeersträucher oder Pilze nicht wachsen können und der Waldboden im Herbst nur von rost-rotem Buchenlaub bedeckt ist.



### Linden

**Winterlinde** *Tilia cordata* Von dieser Gattung kommen auf der Nordhalbkugel dreißig Arten vor. Die Europäische Linde, *T. europaea*, ist eine Hybride zwischen Winter- und Sommerlinde, *T. platyphyllos*.

### Ulmen, Rüster

**Amerikanische Ulme** *Ulmus americana* Es gibt rund zwanzig Ulmengewächse, deren Hauptverbreitungsgebiet westlich der Rocky Mountains und südlich der Himalajakette liegt (in Europa und Nordamerika bedroht).

### Birken

**Papierbirke** *Betula papyrifera* Diese Gattung kurzlebiger Bäume und Sträucher umfaßt vierzig Arten, die in Europa, Nordamerika, China und Japan auf kargen Böden an Waldrändern wachsen.

### Eschen

**Rotesche** *Fraxinus pensylvanica* Die über sechzig Eschenarten sind weltweit verbreitet. Sie bilden ziemlich offene Waldbestände und bevorzugen, wie die Buchen, alkalische Kalkböden.

### Hickorynüsse

*Carya glabra* Zur Gattung *Carya* gehören zwanzig mit der Walnuß verwandte Arten. Diese Bäume kommen nur in China und Nordamerika vor, wo sie zusammen mit Eichen weite Klimaxwälder bilden.



# Winter

Wenn im sommergrünen Wald das grimmige Regiment des Winters anbricht, sind die Bäume, die eben noch in ihrem vollen Laubschmuck prangten, bald nackte Gerippe; der Boden, eben noch grün und mit bunten Tüpfeln übersät, ist unter einem braunen Teppich abgestorbener Blätter begraben. Kein Insekt summt, und kein Vogel singt; nur das Stöhnen des Winds in den Wipfeln durchbricht die tödliche Stille. Und doch ist das Leben nicht aus dem Wald verbannt.

Von der frostfesten Kapsel ihrer Knospenschuppen dicht umschlossen, ruhen die Triebe, Blätter und Blüten des nächsten Jahres. In die Laubdecke eingehüllt, schlummern zahllose Samen, die in ihrem Kern einen winzigen, lebendigen Keim tragen, mit genügend Nahrung ausgestattet, um die Erde zu durchstoßen. Und im Oberboden, wo Mäuse und Spitzmäuse ihre Höhlen gebaut haben, sind Myriaden von Kleinlebewesen – Würmer, Tausendfüßler und Asseln – geschäftig am Werk; wohl arbeiten sie, wenn die Temperatur sinkt, in langsamerem Tempo, halten aber nie wirklich inne in ihrer Tätigkeit, die Stoffe an den Boden zurückzugeben.

Im Labyrinth ihres Baus unter den Baumwurzeln haben sich die Dachse auf warmen Graspölsen zur Ruhe gelegt und verlassen, die Weibchen bereits trächtig, ihre Höhlen nur in milderer Nächten. Die Eichhörnchen trennen sich ab und zu von ihren wohligen warmen, hoch oben zwischen Astgabeln eingekeilten Laubnestern, um Nüsse aus ihren sorgsam versteckten Vorräten zu holen. Und auch die Standvögel des Waldes regen sich. Die meisten sind schweigsam; tagsüber durchstöbern sie still das Laub, und abends ziehen sie sich wieder in Baumhöhlen, Rindenritzen und den dichten Unterwuchs zurück.



## DAS LEBEN UNTER DEM ERDBODEN

Füchse und Dachse sind im Winter in ihren Erdhöhlen vor Kälte und Gefahr geschützt und verlassen sie nur, um nach Beute zu jagen oder zu stöbern. Andere Tiere weichen der ungünstigen Jahreszeit durch einen Winterschlaf aus. Das Waldmurmeltier verzichtet sich in einen Baum unter den Baumwurzeln, der große Europäische Igel und die Haselmaus in ein von den Bäumen abgeschirmtes Laubnest. Selbst Kaltblütler und viele Insekten suchen einen Unterschlupf, um den Winter durch eine Ruheperiode abzukürzen.

Die Lebewesen, die unter der isolierenden Schneedecke aktiv sind, wie Wühl- und Spitzmäuse, graben Würmer, Tausendfüßler und Rollasseln aus der Erde hervor, die ihre Aufgabe als Zersetzer abgestorbener Pflanzenteile von Bäumen und krautigen Gewächsen weiterhin erfüllen. Die Stauden- und Zwiebelgewächse haben ihre oberirdischen Teile abgeworfen und sich in ihre fleischigen Nährstoffspeicherwurzeln zurückgezogen. Die Samen der einjährigen Pflanzen und die zahllosen Baumfrüchte sind, geschützt vor der Laubschicht, zum Auskeimen bereit, sobald die Frühlingssonne Boden und Luft zu erwärmen beginnt.





Überall im Wald läßt die Aktivität in dieser Jahreszeit nach. Pflanzen und Tiere gönnen sich eine Atempause in ihrem rastlosen Tun und Treiben, dessen Hauptzweck es ist, Vermehrung und Überleben der Art zu sichern.

Die Blätter der laubwerfenden Hölzer fallen, sobald sie ihre Funktion als Nahrungsquelle verlieren, und die Bäume sind kahl bis auf die an den Zweigen verteilten Knospen. In den mit Humus und Laub bedeckten Wurzeln und in dem von Rinde geschützten Stamm haben sich Nahrungsvorräte gespeichert. Nachdem die Bäume durch den Laubwurf ihren Widerstand gegen Win-

terstürme vermindert und sich von Verdunstungsflächen befreit haben, ruhen sie tief, sind aber gleichzeitig geladen mit Aktivität, die, wenn die Tage länger werden und die Kraft der Sonne zunimmt, zum Ausbruch kommt. Die wenigen immergrünen Bäume und Sträucher, so Stechpalmen und Eiben, behalten die Mehrzahl ihrer Blätter; aber auch sie tragen in den Blattachsen Knospen mit Laubersatz für verbrauchte oder beschädigte Blätter.

Die krautigen Pflanzen, die den Sommer hindurch den Waldboden bedeckt haben, ziehen sich entweder als Zwiebeln oder Knollen unter die Erde zurück oder sterben beim

ersten Frost ab und hinterlassen nur ihre Samen, die, nach dem Überwintern im Schutz der Laubdecke, die Wiedergeburt der Art sicherstellen.

Von der Operationsbasis ihrer Nester und Höhlen aus bleiben die meisten Tiere den ganzen Winter lang in Aktion. Manche von ihnen jedoch, so der große Europäische Igel, halten einen tiefen Winterschlaf in zuvor bereiteten Nestern. Zu Beginn dieser vier bis fünf Monate währenden Ruhezeit verlangsamen sich alle Stoffwechselvorgänge, die Körpertemperatur fällt, und wenn man die schlafenden Tiere berührt, fühlen sie sich kalt und starr an. Der Funke Leben, der noch in ihnen glimmt, wird durch den allmählichen Verzehr von Körperfett, das sich im Sommer und Herbst angesetzt hat, vor dem Erlöschen bewahrt. Die Ablagerung von Fettdepots ist eine der Ursachen, die diesen Vorgang bei Säugetieren auslöst und sie in Hungerzeiten überleben läßt.

Die winterliche Kälte setzt die Lebensfunktionen der meisten im Wald angesiedelten Kaltblütler, wie Kröten, Schnecken und Insekten, so stark herab, daß eine normale Aktivität nicht denkbar ist. Manche Kaltblütler, einschließlich bestimmter Insekten, machen als erwachsene Tiere einen Winterschlaf durch. Für sie ist dieser Prozeß, wenn sie einen Unterschlupf finden, weniger einschneidend als für die Säuger, da sich ihre Bluttemperatur stets der Lufttemperatur der Umgebung angleicht. Doch die meisten Insekten sterben und lassen ihre Eier zurück, die sich in manchen Fällen zu Larven entwickeln und den Winter in Rindenspalten oder unter dem Boden verbringen.

Wenn es dann zu schneien beginnt und der Schnee, den die Baumäste nicht abzufangen vermögen, den Waldboden zudeckt, herrscht Stille.

Links Trotz ihres trostlos-kahlen Aussehens sind diese Laubbäume erfüllt von Leben, das hervorbricht, sobald Schnee und Winterwinde weichen und der milde Frühling kommt.

Rechts Dieser listige Fuchs, ein Meister im Spurenverwischen, stiehlt sich mit seiner Beute durch ein verlassen Waldareal. Das unglückselige Kaninchen gibt eine Mahlzeit für die Fähe und ihre Jungen ab. Der Rotfuchs ist im Fressen nicht wählerisch: Er verzehrt Insekten, Beeren, Schnecken, Mäuse, Frösche und Vögel, aber im Winter ist das Futter knapp, und es zählt nur das Jagdgeschick. Der wendige Fuchs ist der einzige hundeartige Räuber, der sich in den meisten Teilen Europas in großer Zahl als Wildtier gehalten hat. Er kommt auch in Nordamerika, Asien und Afrika nördlich der Sahara vor.





# Frühling

Wenn der Februar in den März übergeht, lockert sich langsam der eiserne Griff, mit dem der Winter den Wald gepackt hält. Die Kätzchen des Haselstrauchs werden länger und überziehen sich mit goldenem Blütenstaub, den die noch eiskalten Ostwinde zu den rosafarbenen weiblichen Blütchen tragen. Unter den Bodenpflanzen kommt es zu einem Wettlauf um die Nutzung des allmählich stärkeren, wärmeren Sonnenlichts, ehe die Bäume Blätter treiben und ihre sommerlichen Schatten ausbreiten.

Die Blattkissen von Kräutern leiten den langsamen Wechsel von Braun zu Grün ein, und die Buschwindröschen, in Gruppen um alte Eichen geschart, entfalten ihre weißen Blütensterne. Über gekräuselten Blattrosetten öffnen sich gelb die Dolden der Himmelschlüssel, und bevor sich im späten April das Kronendach schließt, übersäen Hasenglöckchen in blauen Polstern den Boden.

An sonnigen Vorfrühlingstagen bessern die Saatkrähen an ihren Horsten in der Lufti-

gen Höhe der Wipfel Winterschäden aus und paaren sich, heiser krächzend, von neuem. Andere Standvögel, die sich von Winterbeeren, Würmern und Wegschnecken nähren — nach dem Tauwetter eine leichte Beute gieriger Schnäbel —, grenzen vor Mitte Februar ihre Reviere ab.

Das melodische Flöten der Amseln und Singdrosseln ertönt an milden Abenden im Wald, und die Nester der Misteldrossel im niedrigen Geäst blattloser Bäume sind von Winden zerzaust. Auch Schwarz- und Singdrosseln sind mit dem Bau ihrer Nester nicht weit im Rückstand, bringen sie aber im Schutz immergrünen, an Bäumen rankenden Efeus oder im Stechpalmengebüsch unter.

Gegen Ende März kündigen die ersten Zugvögel ihre Rückkehr aus südlicheren Breiten an — die Vorboten immer dichter Schwärme von Vögeln, die beim Ergrünen der Bäume in die Wälder strömen, alle eilig darauf bedacht, Reviere, Partner und sichere Nistplätze zu finden.

Rechts An warmen Späthlingstagen schlüpfen die ersten Schmetterlinge aus ihren Puppen. Der Rotfalter, *Apatura ilia*, ist ein in den Wäldern Europas weitverbreiteter Fleckenfalter. Im Mai und Juni legt er seine Eier ein-

zeln auf der Unterseite von Weiden- oder Pappelblättern ab, von denen sich die Raupen vor der Verpuppung ernähren. Die Puppe unterscheidet sich in ihrer weißlichgrünen Tarnfarbe kaum vom Blatt.

Hat der Frühling festen Fuß gefaßt, so klingt im Morgengrauen, wenn der Osthimmel sich rötet, ein anschwellender Chor von Vogelstimmen durch den Wald. Dem schlaftrigen Getriller eines Rotkehlchens schließt sich vielleicht der Gesang der Singdrossel in wiederholten Motiven und das flötende Lied einer Amsel an. Bald fallen Scharen von Vögeln in das Crescendo des Chores ein, in dem sich das Pfeifen des winzigen Baumläufers, das Gezirp eines Waldsängers und die perlenden Töne der Mönchsgrasmücke verlieren, wenn jeder Vogel seine Herrschaft über ein kleines Waldreich verkündet, in dem sein Weibchen brütend auf frischgelegten Eiern thront.

An warmen Abenden flitzen Fledermäuse, ihren Winterschlaf in Ritzen und Spalten alter Bäume kurz unterbrechend, auf der Suche nach ersten Motten zwischen den Stämmen umher. Die Füchse kehren von der abendlichen Jagd in ihre Höhlen zurück, um ihre säugenden Fähen mit erbeuteten



Oben Nach dem Aufbrechen der Knospen beginnen sich die flaumigen Blätter an einem Buchenzweig zu entfalten. Die Waldlichtungen sind mit den weißen Blüten der Buschwindröschen übersät (links).

Rechts Im späten April und im Mai, ehe sich das Walddach geschlossen hat, blühen eher schattenholde Pflanzen wie die Hasenglöckchen und überziehen den Boden von Waldlichtungen mit blauen Polstern.

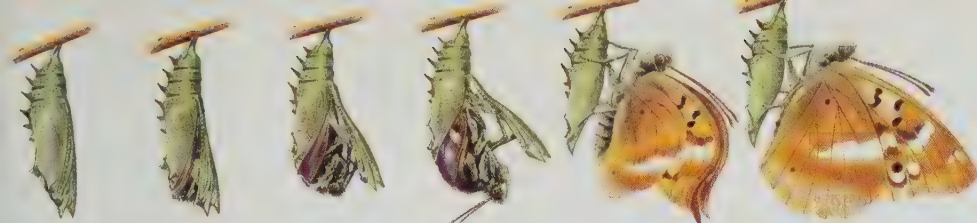


Rechts Im Frühjahr baut die Elster, *Pica pica*, ein geräumiges, kunstvolles Nest. Sowohl Männchen wie Weibchen sind am Bau der Nesthöhle beteiligt, die überdacht ist und einen oder zwei Seiteneingänge hat.

Links Das Murmeltier kommt im März zum Vorschein und frisst Gras, Insekten und Kleintiere, um sein Gewicht zu verdoppeln. Am 2. Februar ist in den USA «Murmeltiertag»: Das Tier soll an diesem Tag erwachen, seinen Schatten sehen und so gleich wieder in Schlaf fallen.







Hasen oder Ratten zu füttern. Die Dachse dehnen, abseits der vertrauten Wege, ihre nächtlichen Streifzüge aus, um den zunehmenden Hunger ihrer schnell wachsenden Jungen zu stillen.

Wenn sich der Boden erwärmt, treten die Kleinlebewesen, von Milben und Springschwänzen bis zu Würmern und Nacktschnecken, verstärkt in Aktion und beginnen sich zu vermehren, während sie geschäftig toten Pflanzenabfall in Substanzen umwandeln, die Pflanzen und Bäume im Frühjahr benötigen. Und in dem Maße, wie ihre Zahl steigt, nimmt auch das Futter für Wühl- und Spitzmäuse, Maulwürfe und Vögel zu und regt sie zur Fortpflanzung an.

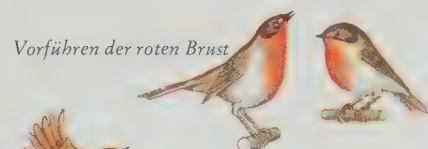
Inzwischen haben die Bäume selbst ihren Schlaf abgeschüttelt. Die spitzen Knospen der Buche schwellen an und werfen bei der Entfaltung der hellgrünen, flaumigen Blätter, zwischen denen die männlichen Blüten in goldenen Kugeln hängen, ihre durchsichtigen Schuppen ab. Überall im Walddach

regt sich frisches, grünes, neuerwachtes Leben. Ein mächtiger Saftstrom fließt, von den transpirierenden Blättern in die Höhe gesaugt und von zahllosen winzigen, röhrenförmigen Gefäßen geleitet, bis in die kleinsten Zweige und liefert, mit den Produkten der Photosynthese vermischt, die Energie für das sommerliche Wachstum.

Während sich im Spätfrühling das Walddach schützend ausbreitet, entfalten die Insekten, um derentwillen die Vögel von so weit her gekommen sind, ihre unglaubliche Fähigkeit zur raschen Vermehrung. Puppen bersten, um Schmetterlinge und Motten zu entlassen; reifen Eiern entschlüpfen millionenfach Raupen; Jungferngenerationen von Blattläusen pflanzen sich in riesiger Zahl ohne Befruchtung fort. Milliarden kriechender und fliegender Kreaturen brechen explosionsartig über den Wald herein, und jede besetzt eine Rolle in dem wunderbaren Schauspiel, das der zu neuem Leben erstandene Wald darbietet.

## VOGELREVIERE

*Vorführen der roten Brust*



*Eindringling kommt von unten*



*Eindringling kommt von oben*



*Luftkampf, falls Drohgebärde versagt*

Im Frühling ist der Wald von den Lauten der Vögel erfüllt, die ihre Territorien abstecken. Das Rotkehlchen gebraucht seine rote Brust zur Abschreckung, wendet aber, je nach der Richtung, aus der ein Feind eindringt, auch andere Abwehrkniffe an.





# Sommer



Grauhörnchen *Sciurus carolinensis*



Weidenmeise *Parus aticapillus*



Marienkäfer und Blattläuse  
*Coccinella septempunctata*  
und *Aphis*



Rotkopfspecht  
*Melanerpes formicivorus*



Eichenspinner *Lasiocampa quercus*



Eichenbohrer *Circularis vespillo*



Großes Wiesel *Mustela erminea*



Schmetterlingsraupen

Sichelflügler  
*Drepana bimaculata*

Mondvogel  
*Phaethon rubricauda*



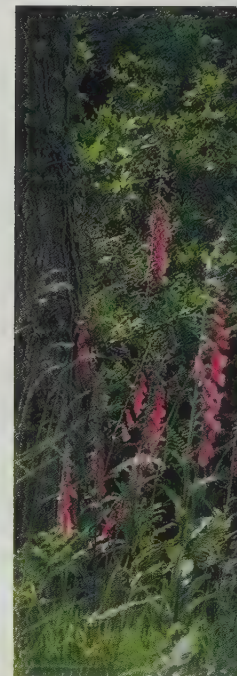
Waldbaumläufer  
*Certhia familiaris*



Eichen-Splintkäfer *Scolytus intricatus*

Jeder einzelne Baum des Laubwaldes ist eine Welt für sich und verhilft pflanzenfressenden Tieren zu unzähligen Habitaten. Manche von ihnen, wie Grauhörnchen und Spechte, nähren sich von Baumfrüchten. Kleinere Tiere wie Raupen zerbeißen Blätter. Blattläuse saugen Blattsaft; wieder andere bohren sich in weiches Holz ein. Marienkäfer verzehren Blattläuse, und Wespen und Spinnen leben von Fliegen. Viele der größeren Insekten werden ihrerseits von den Insektivoren unter den Vögeln vertilgt, die den Wald zur Brutzeit bevölkern. Die Vögel selbst jedoch fallen Tieren wie dem Großen Wiesel zum Opfer, das die Nester plündert und Eier oder Jungvögel frisst.

Unten Der zweijährige Fingerhut mit seinen hochragenden Blütentrauben blüht von Juni bis August in Waldlichtungen und an Waldrändern. Im ersten Jahr treibt er seine Blattrosetten, im zweiten Jahr Blüten.



Oben Dieser Waldkauz leidet in den kurzen Sommernächten keine Not: Er reißt Mäuse, Spitzmäuse, Vögel und Frösche.

Unten Der Gelbe Baumwalsänger ist in den sommergrünen Wäldern Nordamerikas zu Gast. Er nistet in niedrigen Bäumen und füttert seine Brut mit Insekten.





Unten Ein vier Tage altes, weißgeschwänztes Rehkitz in seinem gefleckten Tarnfell. Zur Zeit der Entwöhnung von der Muttermilch, rund vier Monate nach der Geburt, verliert es die Flecken und nimmt die Erwachsenenfärbung an.



Während der Sommermonate, wo alle Kreaturen dem Urtrieb – der Arterhaltung – gehorchen, schwillt der Strom des Lebens im Wald, gespeist von zahllosen Quellen der Vermehrung, uferhoch an. Als ob sich die Geschöpfe der Gefahr bewußt wären, die ihnen von ihren Feinden droht, ist jedes Tier, jede Pflanze bestrebt, den Fortbestand durch Überproduktion zu sichern. Der Wald wimmelt von Junglebewesen, und die Überfülle mancher Pflanzen und Tiere ist oft die Rettung anderer: Ein großer Baum überschattet hundert kleine, ein einziger Vogel verschlingt tausend Samen, ein Fuchs vertilgt einen Wurf Kaninchen. Töten oder getötet werden, fressen oder gefressen werden, emporwachsen oder verkümmern lautet während des Sommers die Devise.

Es gibt keinen Überlebenskampf, der sich mehr in die Länge zöge als der zwischen Bäumen. Sie haben womöglich jahrhundertlang um einen Zuwachs an Höhe und Breite gerungen. Jeden Sommer schwingen sich die Baumsämlinge in ihrem Streben nach Licht über die Größe von Einjährespflanzen und Sträuchern empor und breiten dann ihre Kronen in Lücken aus, die gestürzte Vorfahren hinterließen. Jedes Jahr bringen sie in einer von anderen Lebewesen unerreicht langen Spanne der Fruchtbarkeit unzählige Samen hervor. Neben einer ausgewachsenen Eiche, die im Lauf ihres Daseins millionenfach Eicheln ausgestreut hat, ist aber nur Platz für einen einzigen Baum, der den alten schließlich ersetzt.

Und doch wachsen Sommer für Sommer zahlreiche Eichensämlinge neben Scharen von Jungbäumen verschiedenen Alters und

verschiedener Größe heran. Die Baumzahl jeder Gruppe sinkt, durch die Konkurrenz der eigenen Art, anderer Pflanzen und Tier Schäden eingeschränkt, mit zunehmendem Alter und Wachstum der Bäume. Doch aus diesem unentwegt andauernden Kampf geht ein Wald von einzigartiger Schönheit hervor. Die wuchtigen Stämme der größten Bäume sind optimal über den Boden verteilt und durchmischt mit den höchsten Exemplaren anderer Arten. Die Laubkronen dieser Baumriesen und die niedrigeren Waldstufen – von jüngeren Bäumen unterschiedlicher Höhe bis zu Sträuchern und winzigen Bodenpflanzen – verschaffen der Waldfauna eine Reihe geschützter, übereinandergeschichteter Habitate.

Jede dieser Schichten unterhält eine Masse von Kreaturen, die alle darauf bedacht sind, Familien aufzuziehen. Hungrige blattfressende Raupen ergreifen zu Millionen Besitz von den frischen Blättern – zum Entzücken der Grasmücken und Meisen, die von früh bis spät aus den Wipfeln ins niedrigere Geäst schwirren, wo der unablässige Futterruf ihrer Jungen aus den Nestern ertönt. Die Larven holzbohrender Insekten werden von stammauf, stammab huschenden Spechten, Kleibern und Baumläufern unter der Rinde abgestorbener Bäume hervorgepickt. Eichhörnchen klettern aus ihren luftigen Kobeln herab, um die erreichbaren Vogelnester auszunutzen. Schillernde Schmetterlinge gaukeln durch die Waldlichtungen und suchen nach Partnern und ihren bevorzugten Futterpflanzen, auf denen sie ihre Eier ablegen.

Wenn die kurze Nacht heraufzieht, verstummen Lieder und Warnrufe nistender

Vögel und das Gebrumm der Insekten. Die wenigen Geräusche scheinen, durch die Stille ringsum verstärkt, laut und grell. Ein paar Eulen, die schwankenden Flugs ihre Horste zur Jagd auf Waldmäuse verlassen, rufen einander zu. Fuchsjunge balgen sich zum Zeitvertreib vor ihrem Erdbau, bis ihre Eltern mit einem Frühstück aus jungen Hasen und fetten Tauben von der Jagd zurückkommen.

Gegen Sommerende verschärft sich der Konkurrenzkampf um das Erreichen der Reifezeit. Unzählige Jungtiere sind, mit nichts als ihrem Instinkt ausgestattet, zu ihrem Schutz auf sich selbst gestellt, bis sie sich durch Glück und Erfahrung als erwachsene Tiere bewähren. Die große Mehrheit fällt dem Hunger oder Räubern zum Opfer, und nur die Tüchtigsten überleben.

Doch selbst diese drastische Auslese in den letzten Tagen des Sommers genügt nicht, um das Gleichgewicht zu erhalten. Die Jungvögel zahlreicher insektenfressender Arten fliegen, einem angeborenen Trieb folgend und von ihren Eltern geführt, Tausende von Meilen nach Süden, wärmeren Landstrichen und verlässlicheren Futterquellen zu – gefährvolle Reisen, die viele niemals beenden.

Inzwischen haben sich die Pflanzen des Waldbodens in ihrem Flor abgelöst. Hasenglöckchen, Buschwindröschen, Primeln und Aronstab haben vor der vollen Entfaltung des Laubs geblüht, Samen angesetzt und waren schon welk, als Vergißmeinnicht, rosafarbener Weiderich und purpurne Fingerhüte mit ihren Farbtupfern das dunkle Grün der Riedgrasbüschel, Waldgräser und Brombeerbüsche aufhellten.



# Herbst



Der schwermütige Herbst hält seinen Einzug mit stillen, kühlen Tagen, an denen der Frost die Blätter umrändert, das Fallaub kräuselt und der Rauhref weiß auf den Waldgräsern glänzt; er bringt naßkalte Tage, wo das Klatschen des Regens auf dem sterbenden Laub alle anderen Laute erstickt, und stürmische Tage, an denen die Bäume, von Winden gebeugt, knarren und ächzen. Die verschwenderische Ernte an Jungbewesen, Schoßen und Samen ist eingebracht, und doch wurde dabei der Fortbestand der Art sichergestellt.

Die Bäume, auf dem Höhepunkt ihres Wachstums und in ihrer Herrschaft über den Wald bestätigt, erglühn in prächtigen Farben, ehe sie sich, der Blätter entkleidet, zur Ruhe anschicken, die für das Überdauern im Winter notwendig ist. Die Kronen wären nicht in der Lage, bei Winterstürmen die schwere Last ihres Laubes zu tragen, und die in gefrorenem Grund verankerten Wurzeln könnten das Wasser nicht aufnehmen, daß die Blätter verdunsten würden.

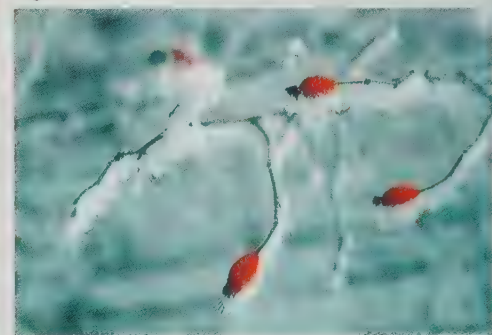
Wenn der Herbst kommt, beginnen die Zellen zwischen Blattstiel und Zweig abzustarben, und es bildet sich allmählich eine Korkschicht, die den Saftzufluß zum Laub mehr und mehr aufhält, bis es verwelkt und

## GIFT- UND SPEISEPILZE



Links Herbstpracht im Wald. Während das Blattgrün abgebaut wird, bringen Zuckerrückstände im Blattgewebe leuchtende Pigmente hervor.

Unten Spätherbstfröste konservieren die Früchte von Heckenrosen, im Winter eine wichtige Futterquelle der Waldvögel, unter einer Eisschicht.





schließlich abfällt. Zugleich wird das Chlorophyll im Laub abgebaut, und seine Grünfärbung weicht den gelben, roten und purpurnen Farbstoffen, die durch Zuckerrückstände im Blattgewebe entstehen.

Im Innern des Waldes schaffen, wenn sich das Jahr dem Ende zuneigt, Nässe und Ansammlungen pflanzlicher Abfälle Idealbedingungen für das Wachstum von Pilzen. Sie breiten sich auf dem Fallaub, auf abgestorbenen Strünken und in den Spalten großer Bäume aus. Manche gleichen Schwämmen und sind leuchtend rot oder blau; andere wachsen in unregelmäßigen Konsolen aus den Stämmen heraus; wieder andere legen sich, massenhaft übereinandergeschichtet, um Baumstümpfe. Die weitverzweigten Fadengeflechte vieler Pilze sind, auch wenn sie auffällige Fruchtkörper bilden, unter dem Boden, unter Borken und sogar im Holz der Stämme verborgen. Jeder Pilz der unterirdisch heranwachsenden Gattung *Tuber* bevorzugt als Standort eine bestimmte Waldbaumart. Die besten dieser als Trüffeln bekannten Köstlichkeiten gedeihen in Buchenwäldern und werden von sorgfältig abgerichteten Hunden, Schweinen und auch Ziegen unter der Laubdecke aufgespürt.

Während sich die Bäume allmählich ihrer bunten Blätter entledigen, tragen die Eichhörnchen emsig Eicheln und Nüsse zusammen und vergraben sie als Reserve für härtere Zeiten. Auch die Mäuse legen Vorräte von Samen und Beeren an, während sich Igel, Waldmurmeltier und Haselmäuse gut mästen, um im Winterschlaf von den Fettdepots zu zehren. Die Dachse haben das trockene Gras und Laub der Sommerlager aus ihren Höhlen geräumt und durch frisches Polstermaterial ersetzt.

Die Zugvögel sind verschwunden und haben die versiegenden Nahrungsquellen den wenigen Standvögeln überlassen, die, nach der Mauserung mit einem neuen Gefieder bekleidet, als Einzelgänger im Fallaub wühlen und sich nicht mehr, wie im Sommer, zu Paaren gesellen – bis auf Vögel wie die Meisen, die immer noch in Familienscharen, unablässig zwitschernd, das Dickicht durchstreifen.

Das Sammeln von Nahrung und Fett, all die betriebsamen Vorbereitungen für den Winter, die allenthalben im Gange sind, werden durch den Fruchtereichtum von Bäumen und Sträuchern gefördert. Die grünleuchtenden Eicheln verlieren ihren Glanz

und fallen, bräunlich überhaucht, geräuschvoll nieder; Bucheckern, aus den aufspringenden Kapseln entlassen, klatschen zu Boden wie schwere Regentropfen; die Flügel-nüsse der Eschen, die erst nach Wintereinbruch abfallen, hängen gebündelt an den nackten Zweigen, und die geflügelten Früchte der Ahorne flattern, sich herniederschraubend, in die entlegensten Winkel. Die Wildkirschen wurden im Spätsommer geplündert, aber die roten Hagebutten, die erst in Notzeiten angerührt werden, wetteifern, das düstere Bild aufheiternd, mit den rosafarbenen Beeren des Pfaffenhütchens und den korallenroten Geißblattfrüchten. Nach den ersten Frösten lockern nur noch die immergrünen Gehölze die Grau- und Brauntöne auf und verwandeln sich zugleich in Etagenschlafstätten überwinternder Vögel.

Vielleicht erklingen die Rufe von Rotkehlchen, die, Männchen und Weibchen getrennt, ihre Territorien abstecken; kecke Zaunkönige stimmen, auf einem Baumstumpf wippend, ein lautes Gezeter an, oder eine einsame Schwarzdrossel stößt, Deckung suchend, mit einem schrillen Warnschrei bodenwärts. Manchmal hallt das Kreischen einer Eule durch das Dunkel.

Die Fruchtkörper der Pilze bilden sich, je nach Art, zu unterschiedlichen Zeiten,

aber die Reifezeit der meisten größeren Pilze fällt in die Herbstmonate.

Unten sind einige der bekanntesten Waldpilze abgebildet.

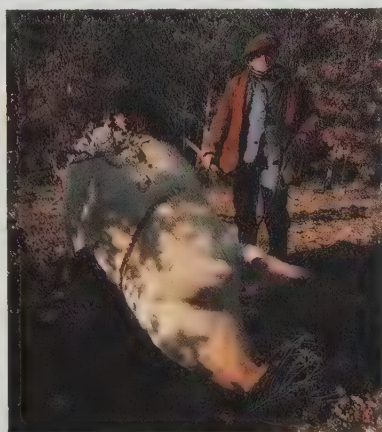
Rechts Der Chipmunk, das im Osten Nordamerikas heimische Backenhörnchen, hält nur in besonders kalten Jahren einen Winterschlaf.

Unten Die Haselmaus, ein 14 cm langer mitteleuropäischer Bilch, ist der kleinste Vertreter der Nagetiere. Ihre Lieblingskost sind Haselnüsse und Beeren, und sie bewohnt oft das Hasel- oder Brombeergebüsch sommergrüner Laubwälder. Von Spätherbst bis Frühjahr hält sie in kugligen Nestern aus Gras, Moos und Laub ihren Winterschlaf.



## TRÜFFELN

Trüffeln sind unterirdisch wachsende Pilze, die bereits bei den alten Römern beliebt waren. In der französischen Landschaft Périgord floriert der Trüffelhandel. Da Trüffeln oft einen Fußbreit unter der Erde versteckt sind, werden Hunde und Schweine dazu abgerichtet, den im Herbst von den Fruchtkörpern verströmten Geruch aufzuspüren. Die Trüffelindustrie genießt so großes Ansehen, daß die französische Regierung in Trüffelgebieten Eichen anpflanzt.





# Kiefernwälder der gemäßigten Zone

Zwar kommen Kiefern im borealen Nadelwald häufig vor, doch in den Wäldern der gemäßigten und subtropischen Region sind Artenvielfalt und Wuchsleistung größer als im nördlichen Waldgürtel. Diese Waldlande der gemäßigten Zone, wo Kiefern als Nutzhölzer kultiviert werden, haben eine beträchtliche wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

In Nordamerika werden diese Kiefernarten «südliche Kiefern» genannt. Zu ihnen gehören vier Hauptarten — Weihrauchkiefer, *Pinus taeda*, Elliott- oder Slashkiefer, *P.elliottii*, Sumpfkiefer, *P. palustris*, und Gelbkiefer, *P. echinata* — sowie einige andere, weniger wichtige Mitglieder der Gattung *Pinus*. Das ausgedehnte Verbreitungsgebiet der südlichen Kiefern reicht von New Jersey bis nach Südfiorida und im Osten bis nach Osttexas; sein wirtschaftlich bedeutendster Teil ist ein elf Südstaaten umfassendes Areal.

Es gibt verschiedene Gründe, warum der Süden der Vereinigten Staaten eine forstwirtschaftlich wichtige Region ist. Zum einen fördern Klima, Böden und Geländebeschaffenheit das Wachstum, zum anderen wurde von der Kolonialzeit bis zum Bürgerkrieg in diesem Gebiet intensiv Landwirtschaft betrieben, und viele der ehemaligen Plantagen und ausgelaugten Äcker verwandelten sich wieder in Kiefernwald. Ein Teil dieses früheren Kulturlandes wurde in der Depressionszeit nach 1930 und im Rahmen großangelegter, Ende des Zweiten Weltkriegs entwickelter Bodenerhaltungsprogramme auch vom Staat aufgeforstet. Diese Pflanzungen bildeten — zusammen mit den älteren und

umfangreicheren, durch natürliche Aus-samung entstandenen Wäldern — die Grundlage für den Aufschwung der Waldprodukte-industrie in den Südstaaten.

Die Stroben sind eine weitere Gruppe von Koniferen der gemäßigten Zone, die in der Holzindustrie Nordamerikas eine wichtige Rolle spielen. Die östliche Strobe oder Weymouthskiefer, *P. strobus*, deren riesiges Verbreitungsgebiet von Südostkanada bis zu den Appalachen im Norden des US-Staates Georgia reicht, wurde im Nordosten viele Jahre als Hauptbaumaterial benutzt. Im Westen der Vereinigten Staaten kommen fünf weitere Stroben vor, von denen Zuckerkiefer, *P. lambertiana*, und Westamerikanische Weymouthskiefer, *P. monticola*, die wirtschaftlich wichtigsten Arten sind.

Zwei Verwandte der östlichen Strobe, die an die 20 000 Kilometer weiter südlich, im Hochland Mexikos und Mittelamerikas, wachsen, sind *P. strobus* var. *chiapensis* und die Mexikanische Strobe, *P. ayacahuite*. Die Existenz dieser drei weit voneinander entfernt vorkommenden Baumpopulationen ist, verbunden mit der Tatsache, daß sich mehrere andere Stroben in Asien und Europa finden, ein weiterer Beweis für die einstige Migration der Kiefern.

Die auf der Welt am weitesten verbreitete Kiefernart, die Gemeine Kiefer oder Waldfähre, *P. silvestris*, kommt — von Schottland bis zum Ochotskischen Meer in Ostrußland — in ganz Nordeurasien vor; die Ostgrenze ihres südlichen Verbreitungsgebiets sind die Türkei und Griechenland. Aus geo-

logischen Funden geht hervor, daß die Föhre von Nordamerika über Grönland nach Nordeuropa wanderte. Während der Vergletscherung im Tertiär konnte sie dank ihrer Resistenz gegen Kälte den Klimaunbilden an Rückzugsorten standhalten, die das Eis verschont hatte. Zweifellos ist diese Eigenschaft auch einer der Hauptgründe für ihre heutige weite Verbreitung.

Wegen ihres umfangreichen Verteilungsgebiets ist die Föhre in Europa und Nordasien eines der meistverwendeten Nutzhölzer; es steht in diesen Gegenden als Bauholz, als Material zur Zellstoff- und Papierherstellung sowie zur Fertigung einer Vielzahl anderer Produkte hoch im Kurs. Außerdem zählt die Föhre zu den Bäumen, mit denen sich die Forschung am stärksten befaßt; ihre Qualität und Nutzungsmöglichkeiten werden von den Forstleuten laufend gesteigert.

Drei weitere, im Mittelmeerraum heimische Kiefern von wesentlicher Bedeutung für die Wirtschaft sind Schwarzkiefer, *P. nigra*, Aleppokiefer, *P. halepensis*, und Strandkiefer, *P. pinaster*. Im Gegensatz zur Waldfähre, deren Rückzug nach Süden die Alpen verhinderten, migrierten die Vorfahren der genannten drei Kiefernarten aus Ostasien in das heute vom Mittelmeer bedeckte Gebiet.

In Ost- und Südostasien gibt es verschiedene Kiefernarten, die aus dem ursprünglichen Verbreitungszentrum der Gattung in Nordostasien stammen. Mehrere dieser Bäume, wie die im Norden heimischen Arten *P. koraiensis*, *P. pentaphylla* und *P. densi-*



Oben Im Bergpark «Weiße Wolke» in der chinesischen Region Kanton stockende Kiefern der Art *Pinus massoniana*. Obwohl diese Kiefern in einem ausgedehnten Gebiet vorkommen, das über die vielfältigsten Klima- und Bodenbedingungen verfügt, scheinen die Bäume keine adaptive Wandlungsfähigkeit zu besitzen.

Rechts Portugiesische Pinien oder Schirmkiefern, *Pinus pinea*. Der Mittelmeerraum wurde im Lauf der Jahrhunderte vom Menschen so stark verändert, daß man unmöglich unterscheiden kann, wo diese Kiefern heimisch und wo sie gepflanzt worden sind. Ihre großen Samen sind essbar.



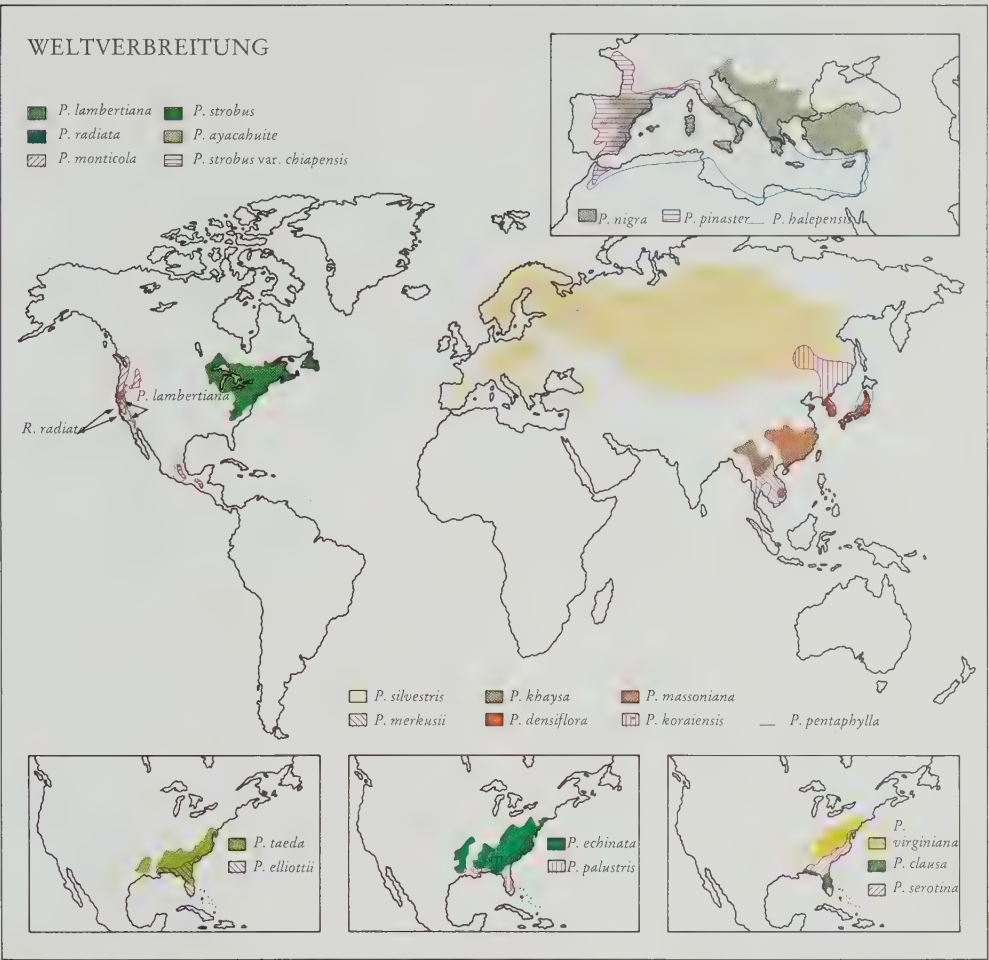


flora – Koreanische «Fichte», Japanische Strobe und Rot- oder Dichtblütige Kiefer – sowie die Tropenarten *P.khasya* und *P.merkusii* werden überall in Asien zur Herstellung von Holzgegenständen gebraucht, während die Art *P.massoniana* im alten China ein wichtiger Baum war.

Das Areal dieser Art umfaßte ehemals den gesamten dichtbevölkerten Teil Zentral- und Südchinas, aber es wurde derart ausgebeutet, daß heute nur noch wenige Restbestände dieses Gehölzes übrig sind.

Die Südhalbkugel hat keine Kiefernarten hervorgebracht, und die Forstleute befassen sich seit langem intensiv damit, diese wertvollen Hölzer in der südlichen Hemisphäre anzusiedeln. Es gibt viele Beispiele für die erfolgreiche Einführung von Baumarten, sensationelle Ergebnisse wurden indes mit der Montereykiefer, *P.radiata*, erzielt. In Südkalifornien heimisch, wo es noch vier kleine Restpopulationen der Art gibt, wird sie heute in Südafrika, Chile, Neuseeland und Australien in ausgedehnten Kulturen gezogen und ist zur wichtigsten Nutzholzart dieser Länder geworden.

Die Forstleute setzen ihre Forschungen bei der Einführung von Kiefern und anderen Bäumen auf der Südhalbkugel fort, und weitere Arten haben ähnlich erstaunliche Resultate erbracht. Dieses Testen und Entwickeln «exotischer» Hölzer ist einer der spannendsten und dynamischsten Aspekte der modernen Forstwirtschaft.



Weihrauchkiefer  
*Pinus taeda*

Diese Bäume sind im Südosten der USA die wichtigsten Nutzhölzer und werden über 36 Meter hoch; ihre Stämme sind oft bis weit hinauf astfrei.



Elliott- oder Slashkiefer  
*Pinus elliotii*

Diese Kiefer wächst in guten Lagen sehr schnell und erreicht Höhen von dreißig Metern. Ihr Höhenzuwachs in einem einzigen Jahr beträgt bis anderthalb Meter.



Sumpfkiefer  
*Pinus palustris*

Diese Art ist selten höher als dreißig Meter und dicker als einen Meter, trägt aber von allen Kiefern die längsten – bis 45 Zentimeter langen – Nadeln.



Gelbkiefer  
*Pinus echinata*

Die Gelbkiefer, die in 22 Staaten der USA vorkommt, ist die am weitesten verbreitete der südlichen Kiefernarten, wird aber anderswo kaum im Forstbau benutzt.

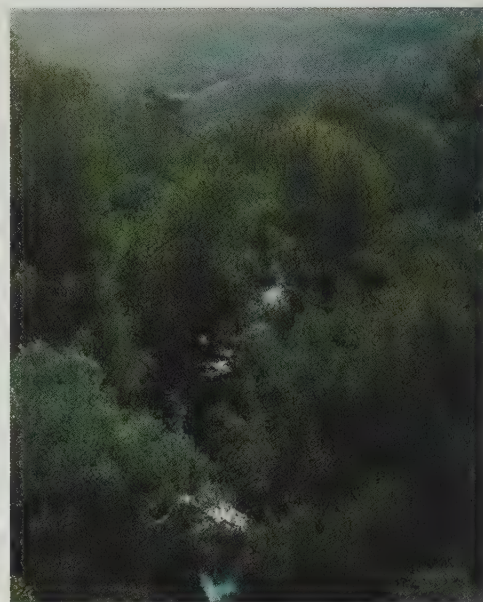


# Immergrüne Wälder



Unten Die leuchtenden Früchte des immergrünen Erdbeerbaums *Arbutus unedo* bringen Farbe in das endlose Grün großflächiger Waldbestände und sind gerade noch essbar, wie es der Name des Baums ausdrückt: *unedo*, ich esse nur eine!

Unten Die Spitzblättrige Eiche aus Kalifornien, *Quercus agrifolia*, ist ihrer nahen Verwandten, der in den Canons wachsenden Goldschuppigen Eiche, in der Hinsicht gleich, daß sie nur an geschützten Orten größere Gehölze bildet.



In vielen Teilen der Erde, vor allem am Mittelmeer und im Südwesten der Vereinigten Staaten, wo die Sommer heiß und trocken und die Winter mild und feucht sind, haben die Laubbäume bestimmte Merkmale der Koniferen wiederentwickelt, um extreme Klimaschwankungen zu überdauern. Die Bäume sind immergrün, und ihre Ausrüstung ist dazu bestimmt, in heißen Dürrezeiten Feuchtigkeit zu bewahren. Ihre Blätter sind meist klein, zäh, lederig und glänzend auf der Oberseite, während die Stämme von einem dicken Rindenmantel umhüllt sind, der die Wachstumsvorgänge im Stamminneren gegen übermäßige Hitze abschirmt.

Vor langer Zeit müssen sich umfangreiche immergrüne Wälder am Mittelmeerufer, an den Hängen der Küstengebirge und auf der Iberischen Halbinsel ausgedehnt haben, von denen nur wenige Waldinseln übriggeblieben sind. Unter dem Druck des Bevölkerungswachstums wurden die Wälder zu Macchie reduziert, die vereinzelt ein größerer Baum überragt. Dennoch vermögen Waldareale in unerschlossenen Gegenden, wie in den Hügeln Kataloniens, einen Eindruck von der früheren Größe dieser Wälder zu geben.

Ihr Inneres war düster; das dicke Laub der immergrünen Bäume hielt selbst das gleißende Licht der Mittagssonne vom Waldboden ab, und die lautlose Stille der für den Schatten dankbaren Tierwelt wurde nur durch die schrillen Schreie der Zikaden gestört. Riesige Steineichen, *Quercus ilex*, trugen auf ihren mächtigen, mit schwarzer Borke bedeckten Stämmen ausladende Kronen stechpalmenähnlicher Blätter – ein in Portugal gemessenes Exemplar dieser Gattung besaß eine 19 Meter breite Krone und erzeugte über neunhundert Kilogramm

Eicheln im Jahr. Die Korkeichen, *Q. suber*, wuchsen oft zu noch stolzeren Höhe heran; ihre massiven Stämme hatten einen Umfang von über sechs Metern und waren oft von dreißig Zentimeter dicker Korkrinde umgeben. Dieser Kork wurde, und wird noch immer, in regelmäßigen Zeitabständen geerntet, ohne daß der Baum dabei Schaden nimmt (siehe Seiten 204/205). Eine ebenfalls in Portugal wachsende Korkeiche warf im Jahr 1879 mehr als anderthalb Tonnen Kork ab und produzierte bereits zehn Jahre später wiederum zwei Tonnen.

Ein weiterer Baum dieser immergrünen Wälder war der Erdbeerbaum *Arbutus unedo*, der kleinwüchsiger ist als die Eiche. Er hat breite, glänzendgrüne Blätter, kupferfarbene Borke und weiße, krugförmige Blüten, die zu orangeroten fleischigen und essbaren, aber geschmacklosen Früchten heranreifen. Diese ehemaligen Wälder bestanden aber nicht ausschließlich aus immergrünen Laubbäumen. Im Verein mit ihnen wuchsen oft Pinie oder Schirmkiefer, *Pinus pinea*, Strandkiefer, *P. pinaster*, und die säulenförmige Echte Zypresse, *Cupressus sempervirens*, oder waren sogar stellenweise vorherrschend.

Im Verlauf der Jahrhunderte wurden diese Bäume durch Waldbrände und Tierverschleiß dezimiert, doch statt ihrer wird die Mittelmeerlandschaft von einem ursprünglich in Zentralasien heimischen Baum geprägt – dem Ölbaum, *Olea europaea*. Der Olivenbaum mit dem silbergrünen Laub, den grotesk gewundenen Ästen und knorrigen Stämmen wird im mediterranen Raum seit über zweitausend Jahren kultiviert.

An der Küste Kaliforniens, wo die Vielfalt an Nadelbäumen weit größer ist als in Europa und Koniferen sich fast allen gegeb-

nen Lebensbedingungen angepaßt haben, kommen Laubbaumwälder selten vor. In dieser Region bilden Laubbäume wie Spitzblättrige und Goldschuppige Eiche, *Quercus agrifolia* und *Q. chrysolepis*, in geschützten Niederungen immergrüne Gehölze. Diese Eichenarten werden bis zu 25 Meter hoch, haben gedrungene Stämme und breite Kronen. Die Spitzblättrige Eiche zeichnet sich durch zahlreiche kräftige, bis zum Boden reichende Äste und mächtige, an die 45 Meter breite Kronen aus.

Doch die Gehölze, die aus diesen Giganten bestehen, sind meist von Kiefern und anderen die Wälder beherrschenden Koniferen umgeben. Der einzige immergrüne Laubbaum, der ausgedehnte Flächen bedeckt, ist die Straucheneiche, *Q. dumosa*, die aber selten höher als neun Meter wird. Mit den Eichen vermischt, wächst auch in Kalifornien eine Erdbeerbaumart – die Madrona, *Arbutus menziesii* –, die im feuchteren Norden beträchtliche Höhen erreicht und mit ihrer hellen, rotbraunen Rinde die grüne Monotonie der Wälder durchbricht, aber im trockenen Süden gewöhnlich kümmerlt.

Auf der Südhalbkugel gibt es in Australien, Neuseeland und Südamerika Hartlaubwälder. In Australien sind die Bäume, zu meist verschiedene Arten von *Eucalyptus*, wie die übrigen Immergrünen durch zähe, wachsartige Blätter gegen Dürre und Sommerhitze geschützt. Doch im alpinen und subalpinen Gürtel der Südinsel Neuseelands und in Chile südlich des 45. Breitengrades (wo Schwankungen zwischen Trockenheit und Nässe weniger extrem sind) gibt es umfangreiche Wälder immergrüner Buchen, deren Blätter winzig klein sind und wie Eichenlaub glänzen, sich aber kaum vom Blattwerk laubwerfender Bäume unterscheiden.



Zuunterst und unten links Südbuchen sind Immergrüne, die ausnahmsweise in kühleren Zonen wachsen: Sie sind in Neuseeland und Feuerland heimisch. Auf der Nordhalbkugel werden sie wegen ihres raschwüchsigen Nutzholzes gepflanzt.



## DER ÖLBAUM

Der Ölbaum ist typisch für die Immergrünen, die ledrige, glänzende, meist kleine Blätter haben und gegen Wasserverlust und lange Trockenperioden gewappnet sind. Die dicke Borke schützt die Wachstumsprozesse im Stamminneren vor extre-

mer Wärme. Speiseoliven werden grün oder schwarz gegessen; die zur Ölgewinnung bestimmten Früchte läßt man am Baum reifen. Olivenbäume werden seit prähistorischer Zeit kultiviert und prägen das Bild der Mittelmeerlandschaft.



Oben Bei der Olivenernte werden die Früchte mit langen Stangen vom Baum geschlagen, wie auf dieser antiken griechischen Vase.

Rechts Ölbäume wie in diesem Hain auf Korfu lieben trockenen, aber tiefgründigen Boden und wachsen sehr langsam.





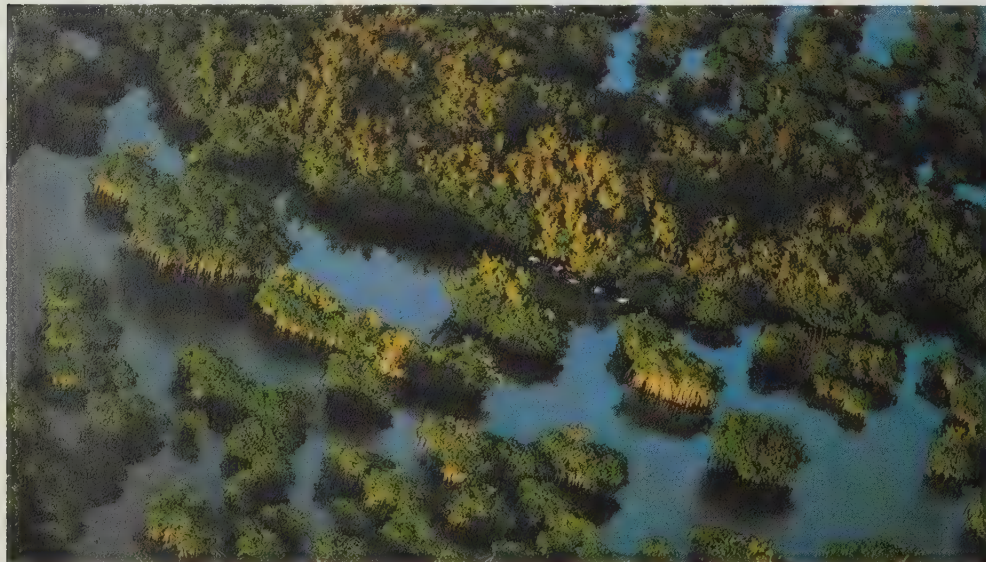
# Sumpf- und Zypressenwälder

Unten Diese in stehendem Sumpfwasser gedeihenden, mit Greisenbart behangenen Sumpfzypressen mit ihren verdickten Stammbasen werden von mächtigen, waagerechten, im Wasser untergetauchten Wurzeln getragen.



Unten In den Everglades, von Pflanzengesellschaften der Mangrove gesäumt, überwiegen Arten wie Rotahorn, Wasser-Tupelobaum und Sumpfzypresse. Die Baum-

inseln in dem Gewässer bieten einer Vielfalt seltener Pflanzen und Tiere einen ausgedehnten, nahrungsreichen Lebensraum.



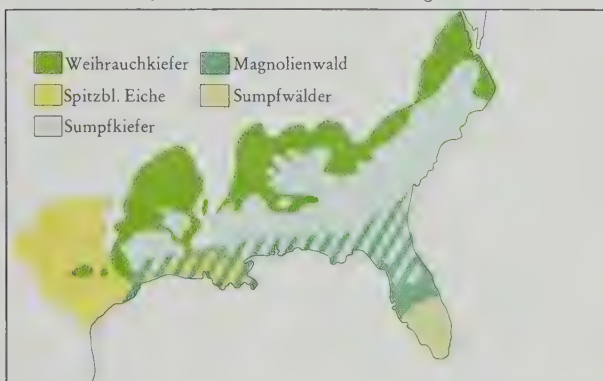
Die sommergrünen Wälder, die im Osten der Vereinigten Staaten eine so weite Fläche bedecken, gehen im südlichen Teil allmählich in subtropische Wälder über, die sich von Florida bis nach Texas erstrecken und in den Sommermonaten stark überflutet werden. In diesen Sumpf- und Zypressenwäldern drängt sich eine außergewöhnlich reiche Vielfalt von Arten. So stammt über die Hälfte der rund 3 000 Baumarten, die in Nordamerika wachsen, aus dem Staat Florida.

Die bekannteste dieser Waldzonen sind die Everglades — ein flaches, ungefähr 10 000 Quadratkilometer großes Kalksteinbecken, das gegen Süden leicht abfällt. Jährliche Niederschläge von rund 1 375 Millimeter, die hauptsächlich von Juni bis Oktober fallen, Durchschnittstemperaturen zwischen 17 und 28 Grad Celsius und ein praktisch frostfreies Klima haben eine Landschaft von einzigartigem Reiz hervorgebracht. Flache, mit Baumdickichten überwucherte Inseln wechseln ab mit Flächen seichten Brackwassers, grasbedeckter Marsch und Gruppen von Sumpf-



Unten Die Südoststaaten waren früher von dichtem Wald bedeckt – der unterste Gürtel des großen östlichen, sommergrünen Waldes. Südlich der Überreste dieses Waldes liegt eine breite Zone von Kiefernwaldungen, wo sich Elliott-, Sumpf- und Weihrauchkiefer behaupten. Noch

weiter im Süden werden die Nadel- durch Hartlaubgehölze abgelöst. Virginische und immergrüne Magnolie bilden, zusammen mit mehreren Arten immergrüner Eichen, den Klimaxwald. In Tieflagen, die stark überflutet werden, gedeihen die Sumpfwälder der Everglades.



Unten Ein großer Weißer Kana-  
dareihher, *Ardea herodias occi-*  
*dentalis*, steht, reglos nach Beute

spähend, im schlackigen Wasser.  
Sein Jagdrevier ist der Gezeiten-  
bereich der Mangrove.



## DIE TIERWELT DER EVERGLADES

Die Gewässer der Everglades sind das Habitat einer Vielzahl von Fischen, Alligatoren und Stelzvögeln wie Löffler, Seiden- und Fischreiher. Die Inseln bergen eine noch abwechslungsreichere tropische Fauna und Flora. Im Frühjahr wimmeln sie von Singvögeln, Insekten wie Zebrafaltern und von Baumschnecken.



zypressen, deren wuchtige, von Brettwurzeln gestützte Stämme im Wasser stehen.

Diese Sumpfzypressen, *Taxodium distichum* – im Gegensatz zu den meisten Nadelbäumen laubwerfend –, sind lebende Fossilien aus dem Tertiär (siehe Seiten 20/21), wo solche Bäume einen Großteil Nordamerikas und Europas bedeckten. Ihr Alter mag eine Erklärung für ihre merkwürdige Anpassung sein, die sie befähigt, selbst mit vollständig und dauernd unter Wasser gesetzten Wurzeln zu wachsen.

Ihre Wurzeln bilden Auswüchse, sogenannte Atemknien, die, senkrecht nach oben treibend, aus dem Wasser herauswachsen, um Sauerstoff aufzunehmen, der im Schlamm Boden fehlt. Die Bäume sind deshalb in der Lage, an Standorten zu gedeihen, wo kein ernsthafter Konkurrent sie bedroht. Im Grunde wurden sie von besser entwickelten Rivalen an diese Standorte vertrieben, weil sie anderswo nicht wettbewerbsfähig sind. Denn eigentlich wachsen die Sumpfzypressen in tiefen, feuchten und nicht in

überschwemmten Böden am besten, aber an solchen Orten findet praktisch keine Verjüngung statt, weil die Sämlinge der Sumpfzypressen vom Jungwuchs erfolgreicherer Arten erdrückt werden.

Die Sumpfzypresse ist ein langlebiger Baum, der gigantische Ausmaße erreichen kann. Bei einem Exemplar in Tennessee wurde ein Alter von 1 300 Jahren festgestellt; dieser Baum war 37 Meter hoch und hatte einen Stammumfang von nahezu zwölf Metern. Die Krone lichtgrüner, federig benadelter Zweige verwandelt sich im Herbst in ein leuchtendes Rostrot und ist an sumpfigen Stellen oft mit Greisenbart überwachsen.

Außerhalb dieser Sumpfwälder, in den weniger schlammigen Zonen der Inseln, an der Golfküste und entlang den ebenen Flusstälern wachsen die Sumpfzypressen im Verein mit einer Vielzahl anderer Bäume. Die sattgrün belaubten, im Herbst gelb und scharlachrot gefärbten Wald- und Wasser-Tupelobäume, *Nyssa silvatica* und *N. aquatica*, sind in vielen Gebieten angesiedelt.

Auch die Weihrauchkiefern, *Pinus taeda*, mit ihren grazios überhängenden Nadeln, in feuchten Böden äußerst wuchsfreudig, kommen in diesen Wäldern häufig vor, ebenso mehrere immergrüne Eichen, darunter die prachtvolle sattgrüne *Quercus virginiana*, deren gedrungener Stamm eine mächtig ausladende Krone trägt. Die Weideneiche, *Q. phellos*, mit ihren leuchtendgrünen, federförmigen Blättern ist – neben der Lorbeerblättrigen Eiche, *Q. laurifolia*, die breitere, aber genauso glänzende Blätter hat – ebenfalls weitverbreitet.

Auch Weiden sind in großer Zahl vertreten, namentlich die Weide der Küstenebenen, *Salix caroliniana*, während die Weiße Scheinzypresse, *Chamaecyparis thyoides*, ein weiterer in feuchten Böden häufiger Nadelbaum ist. Aus dieser Überfülle von Laub- und Nadelgehölzen treten zwei Palmen hervor: die (auf die Inseln der Everglades beschränkte) elegante, hochwüchsige Königspalme, *Roystonea elata*, und die etwas kleinere Palmettopalme, *Sabal palmetto*.



# China

China ist das drittgrößte Land der Erde. Es umfaßt an die zehn Millionen Quadratkilometer Fläche und erstreckt sich über einen weiten Teil Eurasiens. Die Klimaunterschiede in diesem Land sind gewaltig: In den nördlichsten, an Sibirien angrenzenden Landstrichen liegt das ganze Jahr über Schnee, während im südlichsten Teil, den Nanscha-Inseln, ewiger Sommer herrscht. Trotz jahrhundertelangen Raubbaus sind in China noch immer sämtliche wichtigen Waldformationen der Erde vertreten: Sie reichen vom tropischen Regenwald im Süden über den sommergrünen Laubwald bis zum borealen Nadelwaldgürtel im hohen Norden.

Die sommergrünen Wälder bestehen aus zwei deutlich verschiedenen Waldtypen; der eine findet sich in der kühlgemäßigten Zone nördlich, der andere im warmtemperierten Gebiet südlich des großen Jangtsekiang-Tales; im mittleren Bereich dieses Gürtels liegt ein Mischwald aus Bäumen, die für beide Typen charakteristisch sind. Im Norden, gegen den borealen Wald, weichen die Eichenwälder allmählich vor Birken, Eschen und Pappeln zurück, unter die sich Fichten, Lärchen und Kiefern mischen. Der Wald im Süden zeichnet sich durch die große Anzahl von Baumarten aus, die darin wachsen – sechzig verschiedene, fast durchweg sommergrüne Laubarten, von denen keine überwiegt und eine ganze Reihe bis zum Kronendach hochragt. In seiner vielschichtigen Zusammensetzung und dem fehlenden Übergewicht einer einzelnen Art gleicht dieser Wald dem Tieflandsregenwald; seine Unverwechselbarkeit stempelt ihn zum eigentlichen, echten chinesischen Wald.

Ein Merkmal mancher dieser Bäume ist ihre verblüffende Ähnlichkeit mit den Gehöl-

zen im Südosten der Vereinigten Staaten. Trotz der vielen tausend Meilen, die diese zwei Länder trennen, gibt es hier wie dort zu denselben Gattungen zählende Arten, die – obwohl unterschiedlich und auf eines der beiden Areale beschränkt –, im entsprechenden Land weitverbreitet sind, aber im riesigen Raum dazwischen gänzlich fehlen. So hat der eindrucksvolle Tulpenbaum, *Liriodendron tulipifera*, als einzigen nahen Verwandten einen Bruder in China, *L.chinense*, der zwar etwas weniger imposant als die amerikanische Variante, ihr aber im übrigen sehr ähnlich ist. Auch der Geweihbaum, *Gymnocladus dioica*, mit seinen riesigen, doppelt gefiederten Blättern und großen Samen ist nur mit einem einzigen Baum auf der Welt verschwistert – mit dem chinesischen Seifenbaum, *G.chinense*, dessen Früchte von seifenartiger Beschaffenheit sind. Diese Parallelität eröffnet den Baumzüchtern in China und Amerika große Möglichkeiten: Der Austausch von Keimplasma verwandter Arten gibt ihnen Gelegenheit, Kreuzungen mit verbesserten Eigenschaften zu züchten.

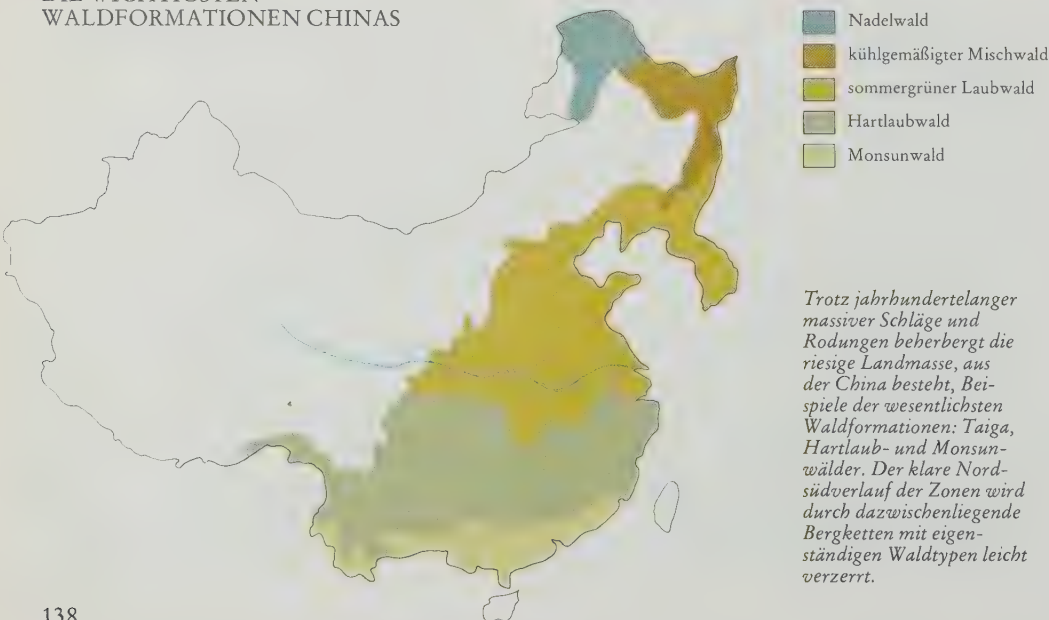
Viele Bäume aus diesen Wäldern werden heute in der westlichen Welt als Ziergewächse gepflanzt. Die vielleicht bekanntesten davon sind der Ginkgo, *Ginkgo biloba*, der hellgrüne, fächerförmige Blätter hat und von einer uralten Gattung abstammt, und das Chinesische Rotholz, *Metasequoia glyptostroboides*, das vor seiner Entdeckung im Jahr 1943 nur fossil bekannt war.

Zu den vielen Bäumen, die aus den Wäldern Chinas in Gärten und Parks der halben Welt gelangten, zählen auch schönblühende Gewächse wie die zauberhafte Julian-Magnolie, *Magnolia denudata*; der Taubenbaum, mit auffällig großen, cremeweißen Hochblät-

tern; zahlreiche Blütenkirschen, wahrscheinlich alle aus *Prunus serrulata* hervorgegangen, sowie die prachtvolle Kaiserpaulownie, *Paulownia tomentosa*, zur Florzeit mit Doldentrauben fliederfarbener Fingerhüte behangen. Zu den Gartenbäumen aus China gehört auch eine ganze Menge von Ahornen und Scheinkamelien, beides Formen mit attraktiv gemusterten oder gefärbten Stämmen. Schließlich sind auch Bäume darunter, die zu so schwindelerregenden Höhen heranwachsen wie der Götterbaum, *Ailanthus altissima*, dem die Luftverschmutzung unserer Städte offensichtlich nichts ausmacht.

Das Ausmaß der Zerstörung dieser warmgemäßigten wie auch der übrigen Wälder war so katastrophal, daß im Jahr 1949 nur noch acht Prozent des Bodens bewaldet waren (im Unterschied zu der Waldfläche von 68 Prozent in Japan). Die Chinesen beteuern indes, daß der Gesamtwaldumfang in den letzten drei Jahrzehnten um vier Prozent gestiegen sei – eine beachtliche Leistung, wenn man bedenkt, daß diese Zunahme einem Gebiet von der Größe der Britischen Inseln entspricht. Die Bauern wurden aufgefordert, um ihre Häuser und Dörfer, längs der Straßen und Flüsse Bäume zu pflanzen, so daß heute wieder Pappelalleen und Reihen anderer schnellwüchsiger Bäume die im Krieg und in langen Jahren des Raubbaus verwüstete Landschaft beleben. Zudem hat ein bedeutendes Projekt kürzlich neuen Auftrieb erhalten – das Anpflanzen eines 3000 Kilometer langen Schutzgürtels, der sich quer durch Nordchina erstrecken und als «Große Grüne Mauer» die kalten, trockenen Winde aufhalten soll, die aus den Wüsten Nordwestchinas südostwärts wehen.

## DIE WICHTIGSTEN WALDFORMATIONEN CHINAS



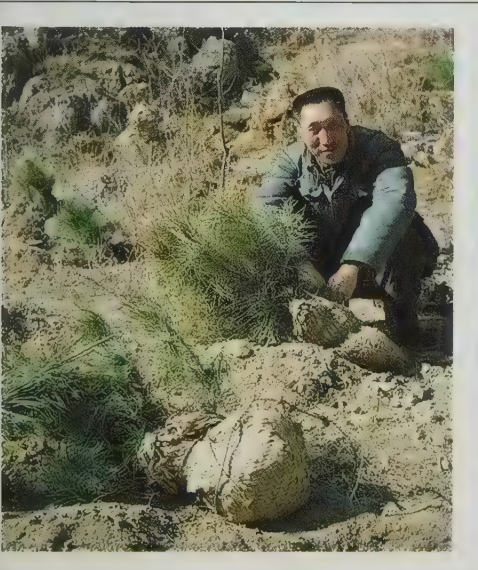
## WALDBAU UND LANDWIRTSCHAFT

Die spärliche Bewaldung Chinas vor 1949 hatte eine niedrige Holzproduktion und einen mangelhaften Vegetationsschutz von Gewässereinzugsbereichen, Sandgebieten und Küstenzonen zur Folge. Wegen Bodenabtrages und -auslaugung, ungenügender Bodenfeuchtigkeit und einer stetigen, durch Wanderdünen, Überflutungs- und Dürreschäden verursachten Schrumpfung der kultivierbaren Fläche ging die Nahrungsmittelherzeugung immer mehr zurück. Nach 1949 jedoch wurde, mit der ungeheuren Unterstützung des gesamten Volkes, ein umfangreiches Programm zur Wiederaufforstung und Waldverbesserung in Angriff genommen. Dieser energische Feldzug fußte auf einem neu geweckten Verständnis für die wechselseitige Abhängigkeit von Landwirtschaft, Forstbau, Tierhaltung und Weidewirtschaft. Blätter und Unterwuchs eines Waldes zum Beispiel sind Tierfutter und deshalb letztlich ein wichtiges Düngerreservoir. Die Chinesen versichern nachdrücklich, daß heute zehn Prozent des Landes bewaldet seien. Bäume werden auch als Windbrecher und Ackerland-Schutzgürtel gepflanzt.



Unten Die Mischwälder der warmtemperierten Gebiete Chinas lassen sich mit keinem anderen Waldareal der Erde vergleichen. Die Baumarten sind so zahlreich, daß keine einzelne Art überwiegt, wenn auch die meisten laubwer-

fende Laubbäume sind, darunter Eiche, Ahorn, Pappel, chinesische Arten des Trompetenbaums (Catalpa), Buchs, eichen-ähnliche Flügelnuß (Pterocarya) und der kleine chinesische Amberbaum (Liquidambar).



Links Der Ginkgo ist der älteste lebende Baum auf Erden, und er hat sich seit Jahrmillionen nicht verändert. Er eignet sich gut für Stadtbepflanzungen.

Oben Der Taubenbaum trägt diesen Namen wegen der zwei weißen Hüllblätter, die jede Blüte umgeben. Der Baum ist in West- und Zentralchina heimisch.



# Japan

Unten Zierkirschen stehen bei den Japanern schon jahrhundertlang hoch im Kurs. Die Blüten der Yoshino-Kirsche mit ihren bezaubernden rosafarbenen Blumenblättern und einem Hauch von Mandelduft werden in Japan als

Vorboten des Frühlings begrüßt. Auch die Straßen der westlichen Großstädte gewinnen durch die hellen, frischen Farben zahlloser Formen der Blütenkirschen. Sie sind ein so vertrauter Anblick, daß man ihre Herkunft vergißt.



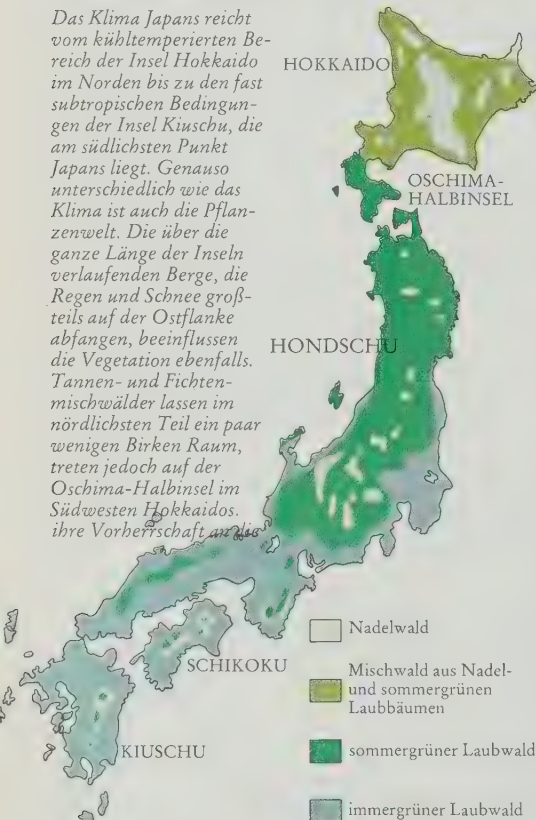
## DER WALDGARTEN

In den der Tradition verpflichteten japanischen Häusern gibt es von jeher zwei Familientätere, einen Schinto- und einen buddhistischen Altar. Das Nebeneinander von Baum und Tempel schafft ein Gleichgewicht von Natur und Architektur, das durch die heitere Gelassenheit der Bäume betont wird. Die intensive Pflanzenzucht in Japan hat zu einer Nachahmung der Natur in kleinstem Maßstab geführt – zur Kunst des Bonsai. Ursprüngliche Wildpflanzen werden mit wissenschaftlichen Vermehrungsmethoden als Miniaturbäume gezüchtet – der Japanahorn ist hierbei eine besonders beliebte Baumart.



## WALDFORMATIONEN IN JAPAN

Das Klima Japans reicht vom kühlt temperierten Bereich der Insel Hokkaido im Norden bis zu den fast subtropischen Bedingungen der Insel Kjuschu, die am südlichsten Punkt Japans liegt. Genauso unterschiedlich wie das Klima ist auch die Pflanzenwelt. Die über die ganze Länge der Inseln verlaufenden Berge, die Regen und Schnee großteils auf der Ostflanke abfangen, beeinflussen die Vegetation ebenfalls. Tannen- und Fichtenmischwälder lassen im nördlichsten Teil ein paar wenigen Birken Raum, treten jedoch auf der Oschima-Halbinsel im Südwesten Hokkaidos ihre Vorherrschaft an.



Buchenart *Fagus crenata* ab. In die höheren Berglagen Hondschu teilen sich die Tannen *Abies mariesii* und *A. veitchii*; jene bevorzugt die kältere Ost-, diese eher die wärmere Westseite. Anderswo bilden Buchen, Eichen,

Eschen und Ahorne ein lichtet grünes Dach, unter dem Schneeballsträucher gedeihen. In den wärmeren, dichtbevölkerten Ebenen des Südens wachsen immergrüne Eichen oder wurden an geeigneten Stellen angepflanzt.

Die japanischen Inseln liegen zwischen dem 24. und 46. Grad nördlicher Breite und erstrecken sich vom 112. bis zum 148. Grad östlicher Länge. Die Temperaturen des Landes sind daher sehr unterschiedlich; außerdem ist das Klima durch große Regenmengen, sommerliche Taifune und beträchtlichen Schneefall im Winter gekennzeichnet. Die Berge, vielfach steil und zerklüftet, nehmen drei Viertel des Bodens ein. Über 68 Prozent des Landes sind mit Wäldern bedeckt, die einen großen Reichtum an Baumarten bergen, viele davon auf Japan begrenzt. Der größte Teil der Wälder wächst an den Berghängen.

In den Bergen Zentraljapans, wo die Waldgrenze auf 1 500 Metern Höhe liegt, bis hinunter zu den Küsten im Norden herrschen Nadelwälder vor. Sie bestehen hauptsächlich aus Yedofichte, *Picea jezoensis*, und *P. glehnii*, die durchmischt sind mit den Tannenarten *Abies mariesii* und *A. veitchii*, einigen Hinoki-Scheinzypressen, *Chamaecyparis obtusa*, Japanlärchen, *Larix kaempferi*, und Birken der Art *Betula ermanii*. Weiden und Pappeln sind an Flußufern und in Talschluchten vertreten. Moose und Flechten überwuchern die Baumäste und einen Großteil des Waldbodens.

Am pflanzenreichsten ist die kühlt temperierte Laubwaldzone, die sich über den Hauptteil von Hondschu, der größten Insel, und das Flachland im Süden Hokkaidos erstreckt. Diese Wälder setzen sich vor allem aus Buchen zusammen; in den höheren Lagen gedeiht *Fagus crenata*, in den tieferen, wärmeren *F. japonica*. Doch neben den Buchen kommen große Mengen anderer Bäume vor, die meisten laubwerfend. Eichen, Kastanien, Ahorne, Linden und Zelkoven, jede in

ihren bevorzugten Arealen zahlreicher vertreten als andere Gattungen, verleihen den Wäldern das Gepräge ungewöhnlicher Vielfalt, die durch lokale Reinbestände von Koniferen wie der Cryptomerie, *Cryptomeria japonica*, und den zypressenähnlichen Hibabäumen, *Thuyopsis dolabrata*, noch gesteigert wird.

Die Cryptomerie oder Sichelanne und der Hibabaum sind zwei der wichtigsten Nutzhölzer Japans. Die Bestände von Sichelannen, deren sich verjüngende, mit rötlicher Borke bedeckte Stämme über 45 Meter hoch werden, kommen den Mammutbaumwäldern Kaliforniens gleich, und viele der Tannen erreichen ein hohes Alter; manche Giganten sind zumindest tausend Jahre alt und genießen allgemeine Verehrung.

SüdJapan, insbesondere die Inseln Schikoku und Kjuschu, war einst ein warmtemperiertes, mit immergrünem Laubwald überzogenes Gebiet. Nach der Einführung des primitiven Ackerbaus im Altertum wurde der Wald jedoch weitgehend in Reisfelder und Äcker verwandelt. Kampferbäume, *Cinnamomum camphora*, deren immergrünes Laub und Holz mit aromatischem Öl getränkt ist, immergrüne Eichen der Gattung *Cyclobalanopsis*, diverse Steineiben und rosablütige Seidenbäume gehören zu den Arten, die in diesen Wäldern in großer Fülle vorhanden waren.

Von den umfangreichen Waldbeständen Japans sind 35 Prozent Nutzwälder, in denen Sichelanne und Hinoki-Scheinzypresse am häufigsten vertreten sind; beide sind sehr anpassungsfähig und liefern hervorragendes Bauholz. Dichtblütige und Thunbergkiefer, *Pinus densiflora* und *P. thunbergii*, sind zwei weitere häufig ver-



Unten Die prächtige *Cryptomeria* kommt sowohl in japanischen Nutz- wie in Naturwäldern vor und ist einer der wenigen Bäume, die auch außerhalb ihrer Heimat kultiviert werden, nämlich in Indien.



wendete Gehölzarten. Obwohl Koniferenpflanzungen die Laubbaumkulturen um das 45fache übersteigen, werden auch Eichen wie *Quercus glandulifera* und die Spitzkeiche, *Q. acutissima*, ebenso wie die Goldkastanie *Castanopsis cuspidata* in großem Umfang gezogen. Über siebzig Prozent dieser Forste sind in Privatbesitz.

Seit dem letzten Jahrhundert hat sich eine Flut von japanischen Zierbäumen über die Gärten Europas und Amerikas ergossen. Aus jahrhundertelanger Züchtung von Bäumen, deren ursprüngliche Herkunft sich längst verwischt hat, ist ein Heer von Blütenkirschen hervorgegangen, die Straßen und Gärten westlicher Städte jeden Frühling mit ihrer rot-, rosa- und weißfarbenen Blütenpracht zieren.

Der Japanahorn, *Acer palmatum*, wurde in vielen Jahren unentwegten züchterischen Bemühens dahin gebracht, über zweihundert Varietäten mit unterschiedlicher Blattform und -farbe hervorzubringen, deren aufspringende Frühlingsknospen und herbstliche Laubfärbung unsere Gärten mit intensiv bunten Tönen bereichern. Eine strauchförmige Varietät der Sichelanne, *Cryptomeria japonica* «Elegans», behält ihre gefiederte Jugendbenadelung bis ins hohe Alter, und die Farben langsamwüchsiger Zuchtformen der Sawara-Scheinzypresse, *Chamaecyparis pisifera*, reichen von Grün über Blau bis Goldgelb. Der laubwerfende Katsurabaum, *Cercidiphyllum japonicum*, der sich durch rote Knospen und anmutige runde Blätter auszeichnet, ist, obwohl in Japan ein wichtiges Nutzholz, anderswo von eleganter Gestalt, während die wunderbar symmetrisch gewachsene Veitch-Tanne zu den schönsten Vertreterinnen ihrer Gattung gehört.





# Die Jagdwälder Europas

In den Kalksteinhöhlen Südwestfrankreichs und in Nordspanien finden sich Darstellungen wilder Tiere, die wunderbar lebendig wirken. Diese Felsbilder, vor 15 000 Jahren von Wildbeutern der Gegend gemalt, führen eindringlich vor Augen, wie stark die Beziehung des Steinzeitmenschen zum Tier war, von dem seine Ernährung abhing. Vielleicht waren diese Bilder Teil eines Rituals zur Beschwörung des Jagderfolgs, doch darüber sagen sie nichts aus. Hingegen zeigen sie, daß die Bewohner der weiten vorgeschichtlichen Wälder mit Tieren vertraut waren, die zum Teil gänzlich verschwunden sind.

Für die Menschen dieser Zeit war die Jagd lebensnotwendig. Das Fleisch der Tiere diente als Nahrung, ihre Häute und Knochen als Kleidung und Werkzeuge. Und als vor drei- bis viertausend Jahren die Landwirtschaft nach Europa kam und Wald in Felder und Weiden verwandelt wurde, starb die Jagd nicht aus. Zwar hat sie ihre lebenserhaltende Rolle längst verloren, ist aber bis heute ein beliebter Sport geblieben.

Das Weidwerk überlebte aus zwei Gründen. Einmal wurden Wildtiere gejagt, um Felder und Vieh vor ihren Raubzügen zu bewahren; das dabei erbeutete Fleisch war eine willkommene Nahrungsergänzung. Die Landwirtschaftsverfahren sind erst seit zweibis dreihundert Jahren so weit entwickelt, daß man große Mengen Vieh den Winter hindurch halten kann: Vorher wurde, wenige Zuchttiere ausgenommen, die Herde im Herbst geschlachtet und das Fleisch als Wintervorrat gepökelt oder geräuchert. Für manchen armen Bauern war daher das Erlegen eines Wildtieres gegen Winterende eine Frage von Leben und Tod.

Der zweite, langlebigere Grund für das Überdauern des Weidwerks ist das Jagdfieber, von dem der Jäger gepackt wird. Es gibt viele Zeugnisse dafür, daß Griechen und Römer, ebenso wie die unzivilisierten Stämme Nordeuropas, der Jagdleidenschaft frönten. Diana oder Artemis, «die Herrin der Tiere», in der Antike als rüstige Jägerin dargestellt, war eine hochverehrte Göttin.

Voraussetzung für die Jagd, ob lebensnotwendig oder zum Vergnügen betrieben, ist jedoch die Hege, damit gesunde Wildbestände erhalten bleiben. Als das Ackerland vergrößert und jedes Jahr ein wenig mehr Wald gerodet wurde, schrumpften auch die Lebensräume, in denen des Weidmanns Beute gedieh und sich vermehrte.

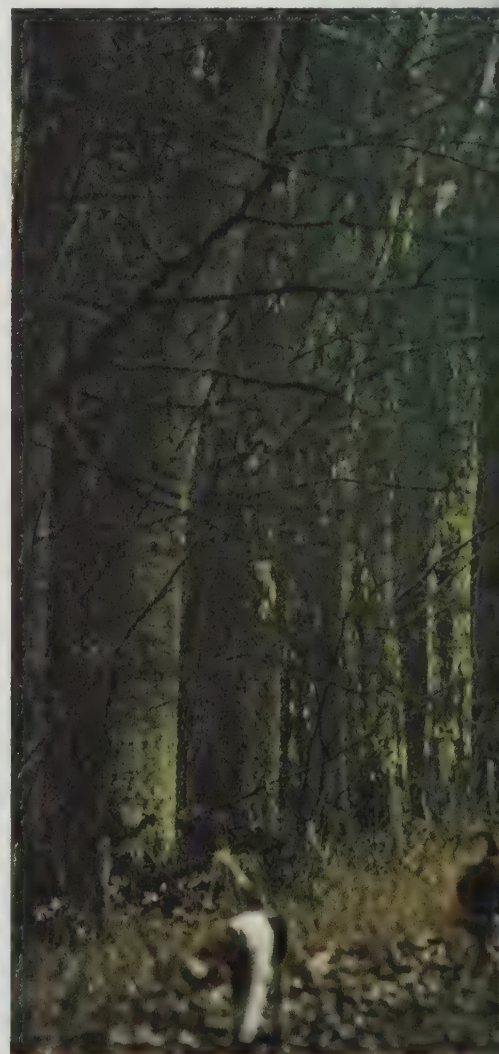
In den frühmittelalterlichen Stammesgesellschaften war die «Gemeinfreiheit» – die Gewohnheitsrechte des Freien auf Jagd, Fischfang und Nutzung des Waldes – ein fest verankertes Recht. Als sich jedoch eine hierarchischere, gegliedertere Gesellschaft herausbildete, begann die Herrschicht des Adels ihre Jagdbezirke zu schützen. Die Jagdrechte einzelner Grundherren wurden in komplizierten Privilegienverordnungen, die ein wesentlicher Teil des Lebenswesens waren, nachdrücklich betont.

Wenn sich ein König oder landsässiger Adliger als schwach erwies, drangen die Pflüge der Bauern in die Wälder ein. Energetische Grundherren jedoch beschnitten



Oben Dieses Bild stammt aus einem im 14. Jahrhundert verfaßten Handbuch, in dem beschrieben wird, wie man Hirsche, Eber, Wildkatzen, Otter, Wölfe, Füchse und Dachse fängt – Waldtiere, die man hauptsächlich

jagte, um Dörfer und Vieh vor ihnen zu schützen. In Frankreich ist die Jagdtradition heute noch sehr lebendig (Compiègne, rechts), wo ganze Wälder unter Schutz gestellt werden.





Schritt für Schritt die Gewohnheitsrechte der Bauernschaft und dehnten die ausschließlich für die persönliche Nutzung beanspruchten Jagdreviere immer mehr aus.

Die Gesetze, die in solchen «eingeforsteten» Wäldern galten, spiegeln die feudalistische Auffassung vom Wald, wie sie in großen Teilen Europas herrschte. Meist war das Recht auf Jagd und Holzeinschlag dem Grundherrn vorbehalten, während das Volk bestimmte Weide- und Sammelrechte besaß. Jedenfalls waren diese Wälder keineswegs menschenleer. Eine ganze Rangabfolge von Beamten – manche für ihr Amt mit einem Lehen entlohnt – sorgte dafür, daß die Interessen des Herrn gewahrt, die Forstgesetze eingehalten und das Wild geschützt wurde, namentlich das «Hochwild», zu dem Rot- und Schwarzwild gehörten. Niedrige Beamte wurden mit ein paar Ar Ackerland innerhalb des Waldes und dem Weiderecht für eine genau festgelegte Stückzahl Vieh entlohnt. Die am Waldrand ansässigen Bauern mochten das Recht haben, im Wald Gänse zu hal-

ten oder Haselnüsse zu sammeln. Über diese Rechte wurde mit Eifersucht gewacht, und sie waren das ganze Mittelalter hindurch Gegenstand unaufhörlicher Streitigkeiten, Bittgesuche und Klagen.

Aus lebendig bebilderten Jagdhandbüchern dieser Zeit läßt sich schließen, daß der Adel dem Weidwerk in seinen Reservaten ein immenses Vergnügen abgewann. Es gab drei Hauptarten der Jagd. Am beliebtesten war die Hetz- oder Parforcejagd: Hunde, die man auf die Fährte eines Hirsches oder Ebers brachte, hetzten das Wild bis zur Ermattung und stellten es; dann wurde ihm von den der Meute folgenden berittenen Jägern mit Schwert oder Speer der Fang gegeben. Eine andere Jagdform war die Treibjagd, bei der das aufgescheuchte Wild den Schützen von einer Treiberwehr zugetrieben und mit Pfeil und Bogen erlegt wurde. Die vielleicht eleganteste Art aber war die Beize. Dabei benutzte man abgerichtete Raubvögel – meist Falken –, die, an Federwild angeworfen, ihre Beute im Flug schlugen.

Am Ende des Mittelalters wurden die Forste keineswegs aufgehoben. Zwar schrumpften die einzelnen Grundherrschaften, wurden aber noch abgeschlossener, da sie zunehmend nicht mehr als Lehen, sondern als persönlicher Besitz galten. Die Jagdbegeisterung der adeligen Herren hielt bis ins 18. Jahrhundert unvermindert an und trug in hohem Grade dazu bei, daß große Waldkomplexe unversehrt blieben, die sonst Opfer des Pflugs geworden wären.

Man kann diese Forste durchaus als erste Beispiele für den «bewirtschafteten» Wald betrachten: Holz wurde nur selektiv geschlagen, das Gleichgewicht der Tierbestände sorgsam überwacht und Pfade angelegt, die den Wald für die Jagd erschlossen. Und in der Tat haben die Jäger seit alters direkt oder indirekt zur Erhaltung des Waldes und seiner Wildbestände beigetragen.

Heute ist es Aufgabe der Jäger, Wildtiere vor den Auswirkungen der modernen Landwirtschaft und dem wahllosen Abschuß mit Feuerwaffen zu bewahren.



Oben Im Mittelalter nahm der Fasan eine tiefere Rangstellung ein als der Eber, aber seit dem 18. Jahrhundert ist sein Ansehen als Jagdtier gestiegen.

Unten Die Raubgier des Falken wurde in der Beize eingesetzt, um die königliche Tafel mit Fleisch, vorwiegend Federwild, zu versorgen.





# Der Wald kommt zurück

Ehe die Europäer nach Nordamerika kamen, war dieses unermesslich weite Land von Menschen kaum angetastet worden, und über Tausende von Quadratmeilen zog sich dichter Urwald hin. Die Indianer, die diesen Erdteil bewohnten, waren nie sehr zahlreich gewesen und befriedigten ihre Bedürfnisse, ohne die Umwelt zu verändern. Viele Waldstämme verstanden sich auf den Ackerbau, aber die kleinen Lichtungen, die sie schlugen, um Mais und Gemüse zu ziehen, beeinträchtigten die weiträumige Landschaft kaum. Das gewaltsame Vordringen der weißen Siedler von Ost nach West indessen brachte binnen dreier Jahrhunderte Veränderungen unvorstellbaren Ausmaßes mit sich.

Die ersten Emigranten gingen in die Neue Welt, weil ihre Heimatländer im Wettlauf um den Reichtum Amerikas die Gründung von Kolonien förderten: Die Spanier siedelten sich im Süden, die Engländer an der Ostküste und die Franzosen in Kanada an. Doch die schwerwiegendsten Eingriffe in die Landschaft verursachten die an Ackerbau gewohnten Briten.

Die Ostküste Nordamerikas schien den europäischen Bauern vertraut. Klima und Umgebung waren ähnlich wie zu Hause; im Wald gab es Bäume genug, die man als Bau- und Heizmaterial verwenden konnte, und sie wuchsen in Böden, die den Siedlern zusagten. Also setzten sie zum Kahlhieb an. Im Süden mit seinem Netz schiffbarer Flüsse, auf denen sperrige Güter leicht zu transportieren sind, wurden große Baumwoll- und Tabakplantagen gepflanzt, während im steinigem Norden, wo die Vegetationszeit kürzer ist, kleine, zu Siedlungen mit Dorfcharakter vereinte Mischfarmen entstanden.

Anderthalb Jahrhunderte nach der Gründung der ersten englischen Stadt im Jahr 1607 war die Küste so dicht besiedelt, daß die Farmen allmählich an die Hügelhänge gedrängt wurden, wo Wasserfälle, die die Flüsse aus den Appalachen unterbrechen, den Transport zeitweilig behinderten. Doch die Pioniere ließen sich nicht aufhalten: Bald waren die Wälder des Hinterlandes jenseits dieser Sperre durchsetzt mit Blockhütten und Lichtungen.

Eine Zeitlang wurde diese «Frontier» — die Grenze nach Westen — von den Franzosen verteidigt, denen mehr am Pelztierfang als an der Landwirtschaft lag (siehe Seiten 76/77). Die französischen Siedlungen beschränkten sich auf ein paar weitverstreute Forts und Handelsposten, die von den Indianern Felle bezogen. Dieses Hemmnis fiel indes weg, als 1763 die Herrschaft der Franzosen zerschlagen wurde und Französisch-Kanada sowie alle Gebiete östlich des Mississippi an England übergingen. Entgegen dem Versprechen der englischen Regierung, die Rechte der Indianer auf ihr Land westlich

Unten Auf Landverkäufe erpichte Grundstückshändler verbreiteten Berichte, die in glühenden Farben die günstigen Kaufgelegenheiten im Westen schilderten und von naiven Interessenten geglaubt wurden. Dieses das Pionier-

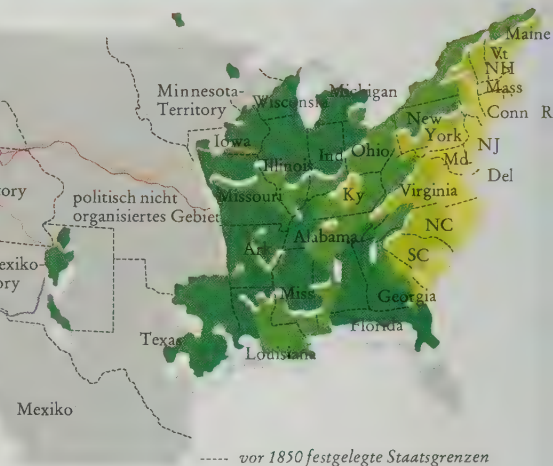
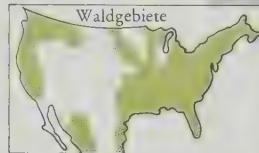
leben idealisierende Bild stammt von einem New Yorker Maler des 19. Jahrhunderts, der nicht viel Ahnung von den Härten und Entbehrungen hatte, die mit dem Aufbau einer florierenden Siedlung verbunden waren.



## DIE BESIEDLUNG DER VEREINIGTEN STAATEN

Mit der Landsuche der Pionierfarmer rückten die Siedlungsgrenzen mehr und mehr nach Westen vor. Als die Prärien erreicht waren, betrachtete man diese baumlosen Grassteppen als reizlos und strebte auf zuvor erkundeten Wagenrouten — den Trails — den fruchtbaren Landstrichen an der Westküste zu.

1760  
1790  
1820  
1850



der Allegheny-Berge zu respektieren, drangen die Pioniere verbissen nach Westen vor, und die Wälder schrumpften weiter.

Der amerikanische Unabhängigkeitskrieg, der 1782 in einem Sieg der Kolonie über das Mutterland gipfelte, befreite die Siedler von jeglicher Beschränkung ihres Expansionsdranges, und die «Frontier» wurde hastig auf die Westseite des Mississippi verlegt. Als Seuchen, Alkohol und die amerikanische Armee den zähen Widerstand der Indianer gebrochen hatten und die Plantagenwirtschaft durch die Baumwollentkörnungsmaschine neuen Auftrieb erhielt, änderte sich das Landschaftsbild von Grund auf. Im frühen 19. Jahrhundert ergoß sich ein nicht endender Strom von Mauleseln, Pflügen und Sklaven in die Westgebiete, und der Wald, der das Land Zehntausende von Jahren bedeckt hatte, war praktisch in einem Jahrzehnt zerstört.

Die weiten Grassteppen reizten die Farmer anfänglich deshalb nicht, weil sie baumlos waren. Die Pioniere an der «Frontier» waren auf Holz angewiesen, und sobald die Pelzfänger eine Route nach Oregon erkundet hatten, brachten die Siedler auf ihrem Zug nach Westen die Prärie hinter sich und strebten dem Land zu, von dessen Wäldern und Reichtum sie gehört hatten. Die vierziger und fünfziger Jahre waren die Jahrzehnte der großen Wagentrecks, und sie waren auch das Zeitalter des Goldrauchs, als sich Schürfer hoffnungsfroh zu den Gruben in Kalifornien, Colorado und Nevada aufmachten.

Die Mechanisierung der Landwirtschaft brachte weitere Änderungen mit sich. Die kleinen Farmen im Osten erwiesen sich rasch als vergleichsweise unrentabel, weil sich ihre steinig, an Hügeln verstreuten Felder für den Einsatz von Maschinen nicht eigneten. Die Bauernfamilien siedelten in die reichen



Unten Die zerfallenden Reste einer alten Steinmauer kennzeichnen die Umgrenzung einer längst verlassenem Farm in Neuengland. Heute ist das ehemals gepflügte Land von reifen Bäumen besetzt, wie sie in diesem Gebiet

wuchsen, ehe die frühen Siedler ihre Äxte schwenkten. Die Farmer verließen nach 1850 ihre Höfe, als man das Ackerbaupotential der Steppen erkannte. Seither haben sich die Wälder langsam wieder ausgebreitet.

Zuallererst Zahlreiche Freizeitbetätigungen der Amerikaner tragen den Stempel des Lebens an der «Frontier». In den Wäldern versteckte Blockhütten sind heute beliebte Ferienhäuschen.



Getreideanbaugesenden im mittleren Westen um, und der Wald ergriff von neuem von den unbebauten Äckern Besitz. Die Baumwollpflanzern im Süden zogen ebenfalls westwärts, weil die Plantagenböden durch den unausgesetzten Anbau von Baumwolle und Tabak unfruchtbar geworden waren; auch hier breitete sich der Wald allmählich wieder auf den brachliegenden Feldern aus.

Heute sind die Wälder Nordamerikas zum Großteil nachgewachsen. Im Osten stocken Eichen, Ahorne und Hickorybäume zwischen den zerbröckelnden Steinmauern, die die Höfe der ersten Siedler umgaben, und im Süden sind die Hügelterrassen, auf denen einst Baumwolle wuchs, mit Kiefern besetzt. Und gerade der Teil des Landes, den die frühen Farmer verschmähten, ist zur fruchtbarsten Landwirtschaftsgegend der Vereinigten Staaten geworden: Die Prärie ist heute die Kornkammer der Nation.





# INSEL- WÄLDER

...Die Berge und Hügel tragen ein Würfelmuster von Wäldern und Wiesen; manche Hügel sind ganz mit ausladenden Bäumen, andere nur dünn bewachsen. Die Savannen sind steinig und unfruchtbar, namentlich im Norden, wo das Land eine ungleich ärmere Vegetation hervorbrachte als im Süden und wo die Waldbäume nur halb so hoch und kräftig sind wie dort. In den Wäldern findet sich nirgendwo eine große Vielfalt von Bäumen; es gibt nur zwei bis drei Arten, deren Stämme den Namen Holz verdienen. Der größte ist der Gummibaum, der überall im Land wächst; das Holz dieses Baumes ist zu hart und schwer für die meisten Gebrauchszwecke. Vollkommen gewachsene Exemplare des Baums, der unserer Kiefer ähnelt, habe ich, außer in der Botany Bay, nirgends gesehen; sein Holz ist, wie ich zuvor bemerkte, ähnlich beschaffen wie die immergrünen amerikanischen Eichen; die meisten großen Bäume dieses Landes haben Hölzer, die nicht vielseitig verwendbar sind. Es gibt auch einige Bäume von der Palmensorte, Mangroven und mehrere andere Arten kleiner Bäume und Sträucher, die mir völlig fremd sind, und eine sehr große Zahl bisher unbekannter Gewächse.

Kapitän James Cook *Journals* 1770









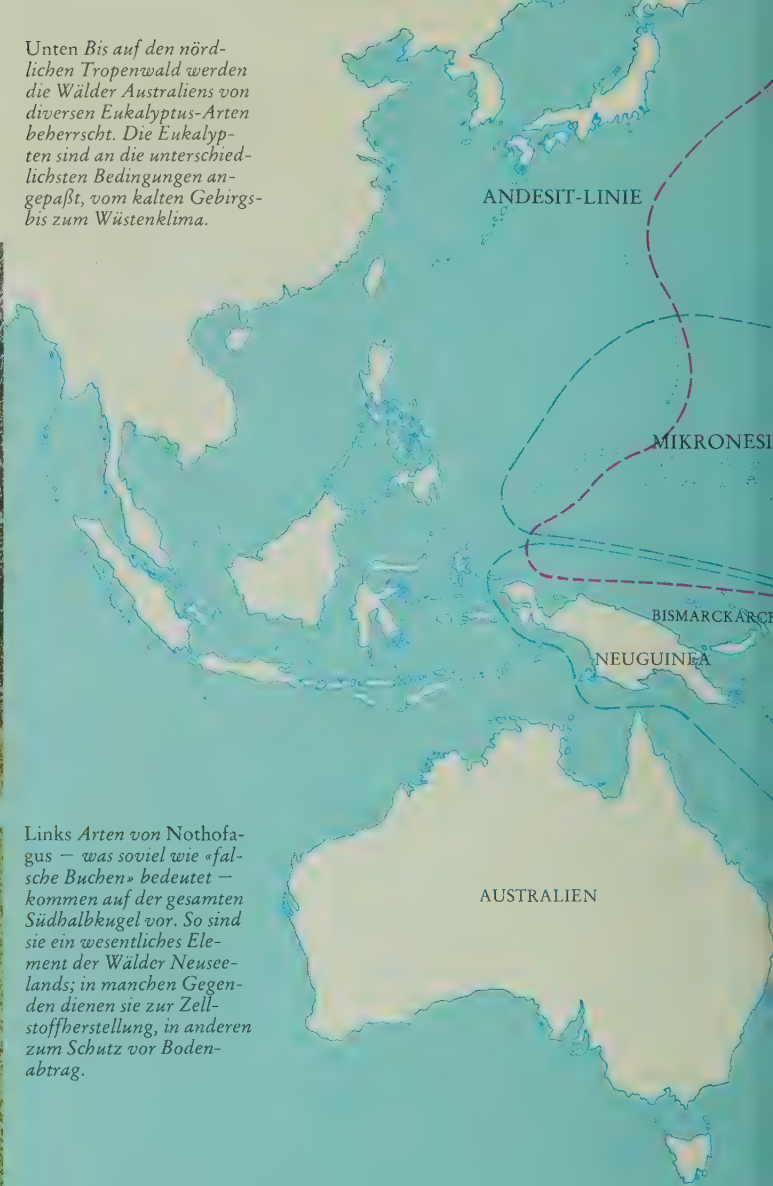
# Das Ökosystem



Unten Bis auf den nördlichen Tropenwald werden die Wälder Australiens von diversen Eukalyptus-Arten beherrscht. Die Eukalypten sind an die unterschiedlichsten Bedingungen angepasst, vom kalten Gebirgs- bis zum Wüstenklima.

Links Arten von Nothofagus — was soviel wie «falsche Buchen» bedeutet — kommen auf der gesamten Südhalbkugel vor. So sind sie ein wesentliches Element der Wälder Neuseelands; in manchen Gegenden dienen sie zur Zellstoffherstellung, in anderen zum Schutz vor Bodenabtrag.

Links Diese Palmen wachsen auf der zu Französisch-Polynesien gehörenden Insel Mourea. Die schweren Früchte werden durch das Wasser verbreitet, und die Palmen siedeln sich mühebelos an den Inselstränden an. Ins Landesinnere dringen sie jedoch wegen des Umfangs der Früchte kaum von selbst vor.



Die Tier- und Pflanzenwelt des geographischen Gebietes, zu dem Australien, Neuguinea, Neuseeland sowie die Inselgruppen des Südwestpazifiks gehören, die Australien im Norden und Nordosten umschließen — Timor, Bismarckarchipel, Salomonen, Neue Hebriden und Neukaledonien —, unterscheidet sich deutlich von Fauna und Flora der Inseln, die zum südlichsten Teil des indomalaiischen Raumes zählen (siehe Seiten 90/91 und 154/155).

Die ausgedehnte australische Landmasse war Jahrtausenden hindurch starken Klimaschwankungen unterworfen. Aufeinanderfolgende Pflanzengesellschaften wurden durch drastische Wechsel von Dürre und Überschwemmung, Hitze und Kälte und die laufende Ansiedlung neuer Arten verändert.

Viele Bäume — insbesondere die Eukalypten, aus denen über 95 Prozent der Wälder bestehen — haben zähe, feuerresistente Blätter und verholzte Samenkapseln ausgebildet, die ihren Inhalt erst entleeren, wenn sie durch Feuer ausgetrocknet sind. Zahlreiche Eukalypten bringen als Reaktion auf Brände



Unten Australien, Neuseeland und manche pazifischen Inseln gehörten einst zum großen Südkontinent Gondwanaland. Diese Inseln liegen auf einem Landrücken, den relativ leichtes Ergußgestein mit höherem Silikon- und Aluminiumgehalt kennzeichnet. Die Inseln

vulkanischen Ursprungs dagegen, wie die Gilbertinseln, sind Teil des Tiefseerückens, dessen Gestein stark magnesium- und silikonhaltig ist. Die Andesit-Linie grenzt den inneren Pazifik, in dem Vulkanismus vorherrscht, vom äußeren Gürtel mit Ergußgestein ab.

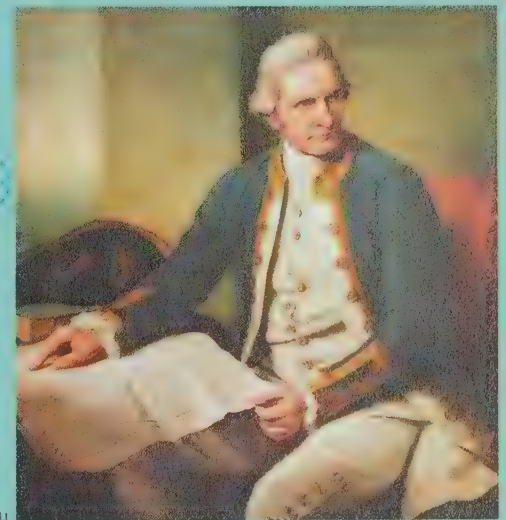


Oben Während Naturforscher über die reichen Tier- und Pflanzengemeinschaften der Südhalbkugel

staunten, waren sie für Paul Gauguin eine Quelle der Inspiration. Er verbrachte sein letztes Le-

bensjahrzehnt auf Inseln im Stillen Ozean; diese Idylle tahitischer Lebensart entstand 1897.

Rechts 1768, rund 250 Jahre nachdem Vasco Nuñez de Balboa den Pazifischen Ozean entdeckt hatte, segelte Kapitän Cook mit der Endeavour nach Tahiti, um die vom Planeten Venus verursachte Sonnenfinsternis zu beobachten. In Cooks Begleitung befand sich Joseph Banks, Leiter einer kleinen Gruppe von Naturforschern. Fast ein Jahrhundert später setzte Charles Darwin, Passagier der Beagle, auf den Galapagosinseln diese Tradition fort. Von hier stammen seine wichtigen Beobachtungen, aus denen die Evolutionstheorie entstand.



Seemeilen 0 300 600 900 1200

zudem Neutriebe an der Stammbasis hervor. Diese Anpassungen ermöglichen den Eukalypten die Vorherrschaft über Nachbarbäume und sind – verbunden mit der Fähigkeit der «Gummibäume», in fast allen Bodenarten zu wachsen – der Grund für ihr Übergewicht in der australischen Pflanzenwelt.

Die ursprüngliche Entwicklung der Wälder Neuseelands war nicht durch weidende Säuger beeinträchtigt und von vorwiegend gemäßigttem, feuchtem Klima begünstigt. Die neuseeländischen Wälder setzen sich zum Großteil aus immergrünen, sowohl Laub- wie Nadelhölzer umfassenden Baumarten zusammen (siehe Seiten 156/157). In Neuseeland wurden keinerlei fossile Reste von Dinosauriern, Schildkröten, Fröschen oder Säugetieren gefunden, und noch heute ist der Bestand an heimischen Säugern auf Fledermäuse beschränkt. Große flugunfähige Vögel – Moas – waren die vorherrschenden Wirbeltiere des Landes. In der Tertiärzeit, vor rund fünfzig Jahrmillionen, zeichneten sich Neuseeland und der indomalaiische Raum durch eine üppige Palmenflora aus,

während es wenig Hinweise gibt, daß zu jener Zeit in Australien Palmen gediehen.

Die Flora der pazifischen Inseln ist ebenfalls durch interessante Abweichungen charakterisiert. Die Tropenwälder der Salomonen und des Bismarckarchipels bergen beträchtlich weniger Baumarten als die Wälder Neuguineas und der indonesischen Inselwelt. Diese relative Artenarmut ist vermutlich auf die Isolation der Inseln zurückzuführen – eine Folge der Aufsplitterung des einst ausgedehnten australischen Kontinents. Die Eukalypten breiten sich nur schwer über weite Distanzen aus und vermochten sich nicht auf den pazifischen Inseln anzusiedeln, von denen die meisten nie einer größeren Landmasse angehörten. Auf den Inseln, die ihre ursprüngliche Vegetation von der Küste bis zu den Gipfeln bewahrt haben, kommt es mit zunehmender Höhe zu einem stufenweisen Wechsel der Baumarten.

Auf zahlreichen Inseln des Stillen Ozeans sind die Vegetationszonen schmal; mit Farnkräutern und Moosen durchsetzte Wälder finden sich bereits auf siebenhundert Metern,

in Neuguinea erst auf 2100 Metern Höhe. Mehrere Baumarten, die auf den Santa-Cruz-Inseln nur auf Meereshöhe gedeihen, wachsen auf den Salomoninseln auch in höheren Lagen. Die Wälder dieses gesamten Raums sind nur noch ein Schatten ihrer selbst. In Australien, wo die Wälder äsende Känguruhs und pflanzenfressende Baumtiere überdauerten, wurden eingeführte Kaninchen durch ihre Massenvermehrung zur Landplage und verhinderten vielenorts die Regeneration von Naturwaldbeständen. Auch in Neuseeland wurden Naturwäldern durch importierte Säuger schwere Schäden zugefügt; die Überreste dieser Areale liegen zumeist in schwer zugänglichem Hochland.

Wegen ihrer langwährenden Isolierung beherbergen einzelne Inseln Baumarten, die nirgendwo sonst zu finden sind. Das beste Beispiel für diesen totalen Endemismus ist das engbegrenzte Verbreitungsgebiet der Palmen im Pazifik: Alle auf Hawaii und Neukaledonien heimischen Palmenarten wachsen ausschließlich auf einer der beiden Inseln.



# Die Bäume



**Palmfarne**  
*Lepidozamia hopei*

Die Cycas oder Palmfarne sind eine kleine Gruppe von Bäumen, die sich in 280 Jahrmillionen nur wenig verändert haben. Ihr Wuchs ist säulenförmig; manche werden 25 Meter hoch und tragen sechzig Zentimeter lange, bis dreißig Kilogramm schwere Zapfen.



**Kopalfichten**  
Kauri- oder Kopalfichte *Agathis australis*

Die Kopalfichte ist einer der zwanzig immergrünen harzhaltigen Bäume der auf die Südhalbkugel beschränkten Gattung *Agathis*, die in Polynesien, Australien und den Philippinen verbreitet ist. Diese Bäume sind enorm groß, haben mächtig ausladende Kronen und eine schuppige Borke.



**Palmen**  
*Rhopalostylis sapida*

Neuseeland ist der südlichste Standort der Palmenfamilie, die über 4000 Arten umfaßt, und *R. sapida* ist die einzige Art, die in Neuseeland wächst. Die kolbigen Blütenstände dieser Palme treiben aus dem Narbenring am Stamm. Sie vermehrt sich stark, aber nur unter dem Kronendach anderer Bäume.



**Akazien**  
Koa *Acacia koa*

Der prächtige, flachblättrige Koa-Baum wächst an den Berghängen von Hawaii. Er ist fast identisch mit einer auf Mauritius im Indischen Ozean entdeckten Art, was die Vermutung nahelegt, daß beide Bäume von Samen stammen, die Indischer und Stiller Ozean aus Australien anschwemmten.

Viele der in diesem weiten Gebiet der Südhalbkugel heimischen Baumarten sind entweder Endemiten oder finden sich anderswo nur südlich des Äquators, in Südafrika und Südamerika.

Die größte Gruppe sind die Eukalypten, eine höchst anpassungsfähige, vielseitige Gattung mit über fünfhundert Arten, die in Australien und Tasmanien weit verbreitet und auf zahlreichen Inseln Australasiens mit einigen Arten vertreten ist, in Neuseeland jedoch durchweg fehlt. Obwohl die Eukalypten im Habitus stark voneinander abweichen, tragen sie gewöhnlich wachserüberzogene immergrüne, aromatisch duftende Blätter, die in der Form bei jungen und alten Bäumen verschieden, aber stets ungeteilt und meist glattrandig sind; Blüten, die aus einem Bausch zahlloser aufgerichteter Staubblätter bestehen, und kapselförmige Früchte, die viele winzige, schwarze Samen enthalten.

Von der Größe abgesehen, unterscheiden sich einzelne Arten am stärksten durch ihre Rinde. Manche, wie der schmalblättrige Eisenrindenbaum, *Eucalyptus creba*, haben eine tiefgefurchte, am Stamm haftende Borke; beim rotblühenden *E. filicifolia* dagegen ist sie in ein Viereckmuster bildende Stücke zersprungen.

Neben dem gigantischen *E. regnans* erreichen auch der westaustralische Karriholzbaum, *E. diversicolor*, sowie die Arten *E. saligna* und *E. obliqua* über 45 Meter Höhe und mehr als sechs Meter Stammdurchmesser. Der Dscharrahbaum, *E. marginata*, in

dessen, der als Nutzholzbaum von Bedeutung ist, kommt an diese Größen nicht heran.

Die australischen Akazien, die in einem noch größeren Gebiet verbreitet sind als die Eukalypten und mit ihren goldgelben Blüten die farblosen Wälder des Kontinents beleben, sind Mitglieder der weltweit vertretenen Familie der Hülsenfrüchtler. Die größte der meist strauchwüchsigen Akazien ist die dreißig Meter hohe Schwarzholzakazie, *Acacia melanoxylon*, die ein sehr schönes Ausstattungsholz erzeugt. Dieser Baum trägt, wie viele Akazien, gefiederte Jugendblätter, die später zu schmalen, zugespitzten Phyllodien – abgeflachte, als Laub fungierende Blattstiele – zurückgebildet werden. In Neuseeland, wo keine echten Akazien wachsen, tritt der engverwandte Vierflügelige Schnurbaum, *Sophora tetraptera*, mit seinem herrlichen Blütenkleid die Familie.

In Nord- und Ostaustralien sowie in Neukaledonien sind die *Casuarina*-Arten heimisch, die in Neuseeland wiederum fehlen. Diese bezaubernden Bäume nennt man in Australien *Sheoaks* – «weibliche Eichen» –, offenbar weil sie kleinwüchsiger sind als die echten Eichen der Nordhalbkugel, mit denen sie aber auch sonst wenig Ähnlichkeit haben. Sämtliche «Sheoaks» sind immergrüne Bäume, deren Zweige zu grünen stacheligen, feingerillten Nadeln mit Quirlen winziger, zahnähnlicher Blätter umgebildet sind.

Die Südbuchen der Gattung *Nothofagus*, die auch in Südamerika vorkommen, sind mit der Art *N. fusca* am zahlreichsten in

Neuseeland vertreten, finden sich aber auch in den Gebirgen Ostaustraliens, Tasmaniens und Neuguineas. Gewöhnlich sind diese Bäume immergrün und haben kleine, olivgrüne Blätter, die sich dichter aneinanderreihen und kürzere Blattstiele besitzen als die Buchen der nördlichen Hemisphäre, *Fagus*; außerdem sind die männlichen Blüten der Südbuche nicht, wie bei ihrem nördlichen Pendant, in gedrängten Büscheln, sondern einzeln oder höchstens in Dreiergruppen angeordnet. In Tasmanien kommt nur eine Art vor, *N. cunninghamii*, und der einzige Vertreter in Australien ist *N. moorei* – ein Baum, der hoch oben in der Dividing Range wächst, aber früher vielleicht weiter verbreitet war.

Im Unterschied zu Australien, wo es keine echten Palmen gibt, wächst in Neuseeland eine Palmenart, *Rhopalostylis sapida*, die in den Tieflandswäldern der Nordinsel als rund acht Meter hoher, mit einem Blattschopf bekrönter Baum vorkommt. Die palmenähnlichsten Bäume, die sich in Australien finden, sind die primitiven *Macrozamia*-Palmfarne und der Grasbaum der Gattung *Xanthorrhoea*, dessen schwarzer, gedrungener Stamm einen dichten Schopf zerzauster, grasartig dünner Blätter trägt.

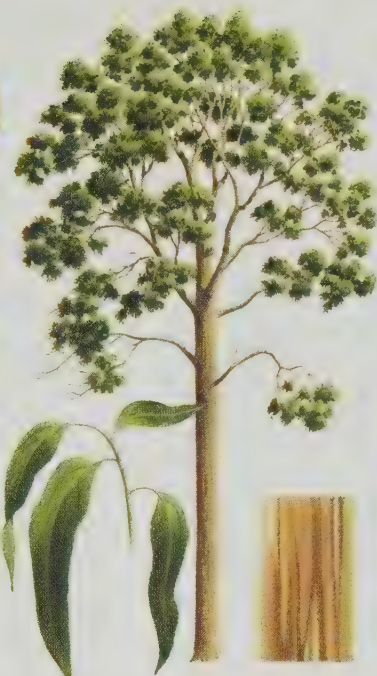
An den tropischen Küsten Australiens und auf einigen Inseln wachsen Kokospalmen, von denen man nicht weiß, woher sie ursprünglich kommen. Es besteht aber Grund zu der Annahme, daß sie aus dem ehemaligen Stillen Ozean oder sogar von der Westküste Südamerikas stammen.





**Südbuchen**  
Neuseel. Rotbuche *Nothofagus fusca*

Dieser Baum gehört zu einer rund zwanzig Arten umfassenden Gattung meist immergrüner, in Australasien und Südamerika heimischer Gewächse. *N. fusca* ist die häufigste der vier in Neuseeland verbreiteten Arten; dieser Baum wächst in niederschlagsreichen Gebieten.



**Eukalypten**  
*Eucalyptus regnans*

Dieser Baum ist die größte Nichtkonifere der Welt und wächst an günstigen Standorten zu sechzig Metern, bisweilen auch zu über hundert Metern Höhe heran. *E. regnans* hat einen Ansatz rauher Rinde an der Basis seines ansonsten glatten weißen oder graugefärbten Stammes.



**Eukalypten**  
*Eucalyptus pauciflora*

Diese in Südostaustralien und Tasmanien heimische, in offenen Wäldern an der Schneegrenze gedeihende Eukalyptusart ist der frosthafte Baum der Region. Sein Holz ist von geringem wirtschaftlichem Wert; wertvoll ist er jedoch zur Verhütung von Bodenabtrag.



**Eukalypten**  
«River Red Gum» *Eucalyptus camaldulensis*

Die Eukalypten werden auch Gummibäume genannt, weil ihre Blätter wachstüberzogen sind und aus den Stämmen vieler Arten harzartiger Gummi ausfließt. Bei der Gruppe der Red Gums – «Rotgummibäume» – kommt dieser Harzausfluß vor.



Oben Die Norfolkkanne, *Araucaria heterophylla*, ist ein ziemlich seltener Baum. Er wird oft bis sechzig Meter hoch und hat sehr regelmäßig angeordnete Äste. Durch diese scherschmittartige Symmetrie ist diese Araukarie als Gewächshaus-Zierbaum weltweit berühmt.

Rechts Baumfarne wie die abgebildeten Dicksonia-Farne bilden auf vielen Inseln des Pazifiks umfangreiche Wälder und wachsen in Neuseeland und Samoa zu schwindelerregenden Höhen heran. Sie gedeihen auf Inseln besonders gut und sind an die Hochlandtropen gewöhnt.





# Australien

Australien, Teil einer der ältesten Erdregionen, war einst eine riesige undulierende, mit gleichförmiger Vegetation bedeckte Ebene. Doch spätere Erdbewegungen, Vergletscherung und Überschwemmungen führten zu einem Klimaumschwung und wirkten sich auf Migration und Ansiedlung von Pflanzenarten aus. Zwar sind die Hauptelemente der heutigen Flora – *Myrtacea*, *Casuarina* und *Acacia* – unverkennbar australischen Ursprungs, doch in die nördlichen Tropenzone sind Arten aus dem indomalaischen Raum eingedrungen und rücken nach Süden vor. Zu den Arten, die aus dem Süden einwanderten, als Australien noch Teil des größeren Südkontinents Gondwanaland war (siehe Seiten 20/21), gehört die Südbuche, *Nothofagus*, die jetzt in den Bergen Ostaustraliens und Tasmaniens wächst.

Rund vierzig Prozent der Fläche Australiens nehmen Wüsten oder Halbwüsten ein, die über weite Strecken von hartlaubigen – sklerophyllen – Strauch- und Grasfluren bedeckt sind. Die dürreunempfindlichsten Bäume wie *Eucalyptus camaldulensis*, der »Red River Gum«, und *E. coolabah* überleben nur an Flüssen oder Standorten, die periodisch überflutet werden.

Die Zwergkalkypenten des offenen Buschs – *Mallee Scrub* – leiten zu einem lockeren Gürtel lichter Eukalyptuswäldungen über, in denen *E. tetradonta* und der melissenartig duftende *E. citriodora* überwiegen.

Geschlossene Wälder gedeihen nur in den feuchteren Hochländern und Küstenzonen Südwest-, Ostaustraliens und Tasmaniens. Diese Wälder sind in zwei deutlich verschiedene Formationen gegliedert: in die Hartlaubwälder der regenarmen Gebiete und in den höherentwickelten, artenreicheren Regenwald an der Küste von Queensland (siehe Seiten 90/91). In den sklerophyllen Wäldern bilden flachkronige Eukalypten und *Angophora*-Bäume ein fast lückenloses Walddach, unter dem sich Arten von *Casuarina* das Licht zunutze machen, das dank des hochkant gestellten Laubs der Kronenschicht in den Wald durchdringt. Von den Lichtstrahlen, die bis zum Waldboden gelangen, zehrt eine Vielzahl dornenartig belaubter Sträucher.

Charakteristisch für die sklerophyllen Wälder der Trockengebiete ist der Dscharrahbaum-Wald Westaustraliens, in dem dieser wertvolle Nutzholzlieferant in fast reinen Beständen oder vermischt mit *E. calophylla* wächst. Bäume wie *E. micrantha*, mehrere Arten von »Stringybark«-Eukalypten und anderer Bluthölzer gehören, neben wenigen eingesprengten Eisenrindenbäumen, ebenfalls zum Bestand der trockenen Hartlaubwälder. Die Baumschicht unter den Eukalypten besteht aus Grasbäumen der Gattung *Xanthorrhoea* und *Macrozamia*-Palmfarnen.

Die feuchten Hartlaubwälder in Victoria und Tasmanien beherbergen den prachtvol-

len Eukalyptus *E. regnans*, einen der größten Bäume der Welt, der in Südwestaustralien durch den Karriholzbaum abgelöst wird, während in den Wäldern im Osten *Dicksonia*-Baumfarne den wuchernden Luftwurzeln von Epiphyten als Stütze dienen – ein Bild, das bereits an die benachbarten Regenwälder anklingt.

Die Eukalypten nehmen 95 Prozent der Wälder Australiens ein und sind in ihrem Vorkommen fast ausschließlich auf diesen Subkontinent beschränkt, wo sie sich – vom Wüsten- bis zum kühltemperierten Klima – an eine Vielzahl unterschiedlicher Bedingungen angepasst haben. Die schlanken ledrigen Blätter enthalten ätherische Öle und hängen, zur Verminderung des Wasserverlustes, senkrecht an den Zweigen, so daß die Sonne auf die Blattränder fällt. Durch diese Laubstellung würde indes die Assimilation herabgesetzt, wenn nicht zahlreiche Eukalypten photosynthetische Zellen auf beiden Blattseiten entwickelt hätten – eine ungewöhnliche Erscheinung, da solche Zellen sonst nur auf der Blattoberseite vorkommen.

Die Eukalypten sind auch darin ungewöhnlich, daß ihre Blütenblätter bereits bei der Entfaltung der Blüten abfallen, deren reizvolle Farbe und Form einzig das Verdienst der Staubblätter ist. Aber auch die australischen Akazien mit ihren feinen gefiederten Blättern und zahllosen flauschigen gelben Blüten haben ihre Reize, genauso wie

## WALDARTEN



Oben Die meisten Eukalyptuswälder sind feuchte oder trockene Hartlaubwälder. Bäume wie der Karriholzbaum, *E. diversicolor*, und der gigantische, eschenähnliche *E. regnans* sind für die feuchten Wälder typisch, während Dscharrah, *E. marginata*, und »String-

gybarks« die trockeneren Wälder kennzeichnen. Jährliche Überschwemmungen haben ein paar wenige Wüstenstriche in Standorte für den Rotgummibaum umgewandelt. Callitris-Zypressen kommen in ganz Australien vor, jedoch nur selten in größeren Beständen.

Rechts Diese Wildakazie trägt zarte, feingefiederte Blätter und eine Fülle weißgelber Blüten, die sich nicht wesentlich von den Blüten ihrer bekannteren Verwandten, der Silberakazie, unterscheiden, die als Zierpflanze gezogen wird.





Unten Die hellgelben Stämme von *Eucalyptus haemastoma*, auf denen in der Rinde eingegrabene Larven ein «Kritzelmuster» hinterlassen haben, erwecken den Eindruck, die Bäume gingen ein.



die gelbbrot blühende Seideneiche und die anmutigen «Sheoaks» der Gattung *Casuarina*.

Im gemäßigten Klima Australiens kommen auch ein paar wertvolle Nadelhölzer vor. In den eher trockenen Teilen Queenslands und im Norden von Neusüd Wales wachsen die feinbenadelten *Callitris*-Zypressen in ausgedehnten Arealen, während in den Wäldern Tasmaniens «Huon»-Harzeiben im Verein mit der Südbuche gedeihen. Diese einheimischen Nadelbäume sind zur Deckung des Weichholzbedarfs durch umfangreiche Pflanzungen exotischer Arten ergänzt worden.

Gehölze und Wälder Australiens sind von einer artenreichen Wildfauna bevölkert, unter der die Beuteltiere, mit Riesenkänguruh und Wallaby als größten Beutlern, in der Überzahl sind. Wombats, Beutelratten, Koalabären und Scharen anderer Tiere leben in und unter den Waldbäumen. Kleine grüne, im *Mallee Scrub* brütende Wellensittiche versammeln sich zu riesigen Schwärmen, sobald die Jungvögel flügge sind; der Kookaburra, wegen seines schreienden Gelächters bei uns Lachender Hans genannt, legt seine Eier in Baumhöhlen, und Honigfresser hängen ihre Grasnester an den Spitzen graziös überhängender *Casuarina*-Äste auf.



Rechts In Australien gibt es ungewöhnlich viele Giftschlangen, die das Gift zu Verteidigung oder Angriff einsetzen. Diese Rautenschlange ist nicht giftig, sondern erwürgt ihre Opfer – Mäuse, Ratten und Kleinvögel – durch Umschlingen. Rautenschlangen sind gewandt im Klettern und ruhen sich nach einem Mahl oft hoch in den Baumwipfeln aus. Wegen ihres Geschicks im Rattenfangen machen sich Farmer diese Schlangen trotz ihrer Länge von bis 4 m zunutze, um Scheunen von Mäusen und Ratten zu säubern.



Links Das Wallaby ist für uns die Verkörperung der australischen Fauna. Es bewegt sich ungehindert durch die lichten Wälder Ostaustraliens und legt kurze Distanzen mit über 40 Kilometern Stundengeschwindigkeit zurück; dabei gleicht es die Stöße seiner kräftigen Hinterbeine mit dem langen, muskulösen Schwanz aus.

Rechts Der Kookaburra oder Jägerliet, wegen seines charakteristischen lauten, lachenden Geschreis bei uns auch Lachender Hans genannt, ist ein über 40 cm langer Eisvogel, der sich von Fischen, Insekten und Schlangen nährt, auf die er so lange einschlägt, bis sie sich nicht mehr rühren.





# Die Beuteltiere

Unten Der Koala, *Phascolarctus cinereus*, frisst die Blätter sechs verschiedener Eukalyptusarten. Er verläßt die Bäume nur zur Suche nach frischer Nahrung oder bei Toxinbildung in den Blättern.



Die Beuteltiere unterscheiden sich von den übrigen Säugern durch die vorzeitige Geburt ihrer Jungen und deren Weiterentwicklung in der mütterlichen, die Zitzen umgebenden Bauchtasche. Doch nicht nur die Fortpflanzungsweise der Beutler, sondern auch ihre geographische Verbreitung ist eigenartig. Die amerikanischen Opposums, die sich vor hundert Millionen Jahren, in der Kreidezeit, entwickelten, sind die vermutlich älteste lebende Säugetierfamilie. Fossilienfunde in Nordamerika und Europa deuten auf die weite Verbreitung der Beutler in jener Zeit hin, reichen aber nicht aus, um Entstehungsgebiet und Verteilungswege dieser urtümlichen Säuger zu lokalisieren.

Heute kommen Beutler in Süd- und Mittelamerika vor; von den wenigen Arten, die nach Nordamerika migrierten, ist eine bis nach Neuengland gelangt. Ihre sicherste Bastion ist jedoch der alte australische Kontinent. Die Formenfülle der australischen Beutler ist ein Musterbeispiel adaptiver Verbreitung; der Besetzung einer großen Menge unterschiedlichster, wegen der Isolation des Kontinents freigebliebener Nischen – auf dem festen Boden, auf Bäumen, in der Luft und im Wasser – und der Anpassung der einzelnen Arten an ihre Nische. Obwohl die australischen Wälder nur einen kleinen Teil dieses Kontinents einnehmen, verschaffen sie den Beutlern zahlreiche Habitate.





Die durch Fallaub und -rinde huschen- den Beutelmäuse, mausähnliche Kreaturen, sind trotz ihrer Ähnlichkeit mit Kleinnagern verwegene kleine Raubtiere, die nicht nur Insekten, sondern auch kleinen Vögeln, Mäusen, Ratten und Giftschlangen nachstellen. Die braune Beutelmaus *Antechinus stuartii* ist eine für die Wälder Ostaustraliens typische Art.

Die einzigartigen Dscharrah- und Karriwälder von Südwestaustralien beherbergen ebenfalls eine Reihe von Beutlern, darunter den wunderschön gemusterten Numbat oder Ameisenbeutler, *Myrmecobius fasciatus*, eines der vier Tagestiere unter den Beutlern. Er sucht, unermüdlich am Boden schnüffeln, in fauligem, zerfressenem Holz nach Termiten, die er, nachdem er sie durch Aufkratzen des Holzes freigelegt hat, mit seiner langen röhrenförmigen, klebrigen Zunge aufleckt.

Die Bandikuts, Nasenbeutler oder Beuteldachse, ebenfalls Bodentiere, sind an Raschelgeräuschen im Unterwuchs oder Wühlstellen im Boden erkennbar. Sie graben mit Hilfe speziell angepasster Nägel, zu denen die zweite und dritte ihrer Hinterzehen verwachsen sind, kegelförmige Löcher in den Boden, aus denen sie mit den langen, spitzen Schnauzen Larven und Würmer hervorziehen.

Der Wombat oder Plumpbeutler, *Vombatus ursinus ursinus*, ist ein friedfertiger,

fülliger Pflanzenfresser von einem Meter Länge und fünfzig Kilogramm Gewicht. Er hält sich am liebsten in dichten Bergwäldern auf und gräbt unterirdische Höhlen mit weitverzweigten, sehr tiefen Gängen, in denen er den ganzen Tag schlafend verbringt, geschützt vor Feinden und Waldbränden, die, durch Blitzschlag verursacht, häufig die Wälder verwüsten. Abends taucht er aus seinem Bau auf und füllt sich den Magen mit Gräsern, Rinde, Wurzeln und Pilzen.

Kletterbeutler wie der Ringelschwanzphalanger und der Fuchskusu sind vollkommen an das Baumleben angepaßt. Der erste, *Pseudocheirus peregrinus*, hat einen langen Greifschwanz, den er auch gebraucht, um Zweigbündel zum Bau seines kugelförmigen Nestes zu befördern. Der Fuchskusu, *Trichosurus vulpecula*, ist eines der häufigsten Beuteltiere. Obwohl ein Waldtier, hat er sich den ausufernden Städten angepaßt und ist in den Parks in und um Sydney anzutreffen.

Der Koala oder Beutelbär hingegen ist sehr selten. Er wurde seines Pelzes wegen rücksichtslos gejagt; die wenigen tausend Exemplare, die es noch gibt, stehen unter Naturschutz und besetzen ein paar isolierte Nischen in den Wäldern der Ostküste.

*Banksia*, *Grevillea* und *Baronia* sind einige der zahlreichen buschigen Bäume Australiens, die unter den Baumtürmen der Eukalyptushölzer einen dichten Unterwuchs

bilden und für viele Baumbeutler eine Hauptfutterquelle sind. In ihrem Dickicht leben die Zwergbeutelratten, die an Haselmäuse erinnern, obwohl sie mit Greifschwänzen ausgestattet sind und sich hauptsächlich von Insekten nahren.

Ein gemeinsames Merkmal der artenreichen Kletterbeutlerfamilie *Phalangeridae*, zu der die Zwergbeutelratte gehört, ist die vergrößerte, gegensetzbare innere Zehe der Hinterpfoten, die beim Klettern als Daumen fungiert. Spektakulärer ist die Flug- oder Flatterhaut, die mehrere Mitglieder der Familie entwickelt haben; sie besteht aus einer Hautfalte an den Seiten des Rumpfes, zwischen vorderen und hinteren Gliedmaßen.

Der größte Flugkletterbeutler ist der Riesenflugbeutler, *Scoenobates volans*, dessen Flatterhaut vom Ellbogen bis zum Knie reicht. Das gleitende Tier ist als «Fliegende Bratpfanne» beschrieben worden; es kann, von der Spitze eines Gummibaums zum Fuß des nächsten schwebend, leicht hundert Meter zurücklegen.

Das Eukalyptuswalddickicht Tasmaniens ist ein Zufluchtsort für Beutler, die auf dem Festland sehr selten oder ausgestorben sind. Das eindrucksvollste dieser Tiere war der Beutelwolf; das vermutlich letzte Exemplar dieses Raubbeutlers starb 1933 in der Gefangenschaft.

Links Dieser im Südwesten Australiens heimische Schlafmausbeutler, *Cercartus concinnus*, stellt Insekten nach, die in Blüten wie dieser *Banksia* Nektar saugen, und ernährt sich auch von Blütenstaub.

Rechts Der Beutel- oder Buschteufel, *Sarcophilus harrisii*, ist die australische Version der Hyäne. Dieses gedrungene, plumpe Tier von der Größe eines kleinen Hundes hat einen unverhältnismäßig großen Kopf und furchterregende Zähne. Der Buschteufel ist ein langsamer Jäger, aber ein sauberer Fresser: Er hat lange Hundezähne, mit denen er seine Beute gepackt hält, Reißzähne zum Zerteilen des Fleisches und kräftige Molaren, mit denen er die Knochen zermalmt. Dieser Beutler kommt heute nur noch in Tasmanien vor, wo er sich von Insekten, Fröschen, Hühnern und Schafkadavern ernährt. Seine von Knurren unterbrochenen Schreie klingen wie Hyänenheul.



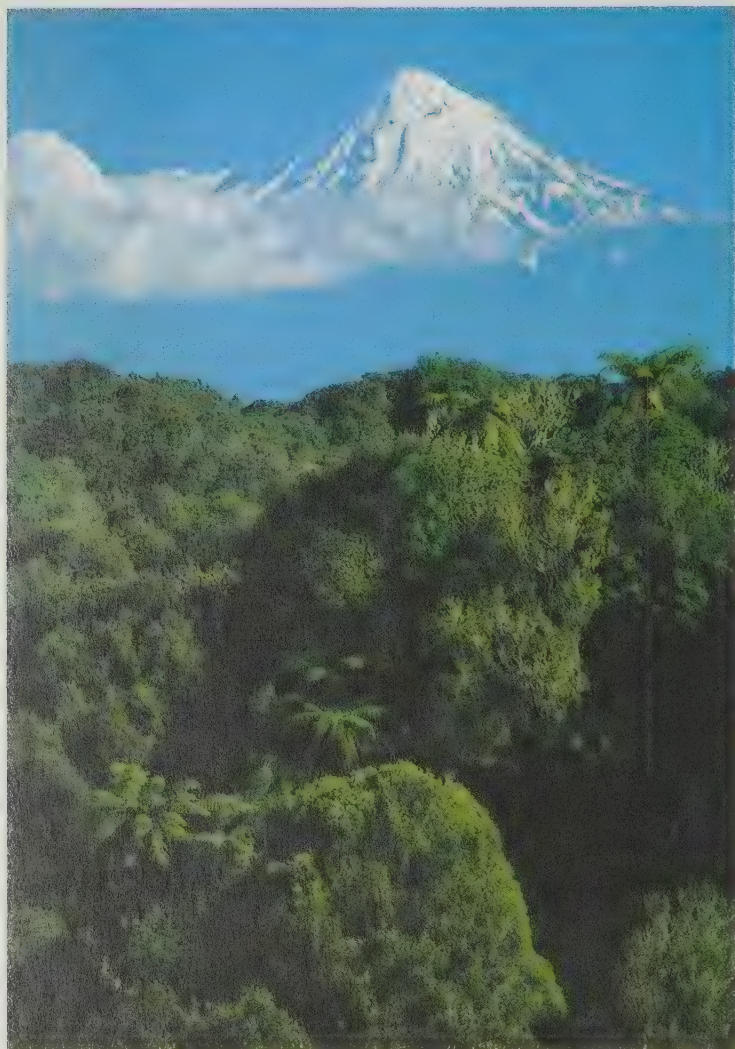
## FORTPFLANZUNG

Diesem rosaroten, von seiner Mutter gestillten Würmchen sieht man keinesfalls an, daß es sich um einen Fuchskusu (australisches Opposum) handelt. Wegen der körperlichen Unvollkommenheit der *Marsupialia* bei der Geburt — das vergleichbare Stadium von plazentalen Säugern wäre der Fötus — müssen die Jungen über längere Zeit ununterbrochen an den Zitzen festhängen. Unmittelbar nach der Geburt muß das Junge selbständig von der Kloake der Mutter zu den Zitzen in den mehr oder weniger sicheren Brutbeutel gelangen. Die natürliche Auslese kommt bereits in diesem frühen Stadium zum Zuge — die schwächeren Neugeborenen erreichen entweder den Beutel nicht oder finden, wenn sie hineingelangen, keine unbesetzte Zitze mehr vor. Dieses verfrühte Dasein außerhalb des Mutterleibs schränkt die Verbreitung der Beutler ein: In den Polargebieten kommen sie nicht vor, und nur einer von ihnen, der Schwimmbeutler oder Yapok, lebt im Wasser.





# Neuseeland



Oben Als Kapitän Cook Neuseeland zum erstenmal sichtete, mag sich ihm dieser Anblick geboten haben: hohe, verschneite

Berge, die dichte Gebirgswälder überragen.

## GEGENWÄRTIGE WALDVERTEILUNG

Obwohl Neuseeland durch den Pazifik isoliert ist, haben die Bäume der Insel eine gewisse Ähnlichkeit mit Gehölzen, die jenseits des Stillen Ozeans vorkommen. Die Wälder sind, wegen der unterschiedlichen Klima- und Bodenverhältnisse des Landes, unregelmäßig verteilt. Im Norden wachsen Kaurifichten, häufig im Verein mit den Steineiben Rimu und Totara und den Laubböhlzern Rewarawa und Tawari. Südlich der Kauri-Areale herrschen Steineiben vor, die, über niedrigeren Schichten des Laubbaums Kamahi und jungen Ratabäumen, das Kronendach bilden. Auf der Südinsel finden sich, das kältere Klima spiegelnd, große Südbuchenwälder: Silber- und Bergbuchen sind an der Waldgrenze, Rot- und Schwarzbuchen in tieferen Lagen verbreitet.

- reine oder gemischte Laub- und Nadelholzbestände
- Mischbuchenbestände im Flachland
- reine oder gemischte Bergbuchenbestände
- Kauri- oder Kopalfichten
- exotische (nicht einheimische) Bäume



Unten Die dichten Reihen der exotischen Monterey-Kiefern in dieser Kultur stechen aus dem heimischen, immergrünen Wald hervor. Obwohl erst siebenjährig, sind sie bereits über zehn Meter hoch.



Aotearoa — «lange weiße Wolke» oder «langes blankes Land» — wurde bereits vor einem Jahrtausend vom polynesischen Volk der Maori entdeckt, die es dreihundert Jahre später besiedelten. Beide Versionen des Namens sind zutreffend: Die zwei Hauptinseln fangen feuchte Winde auf, und kühle Strömungen scheuern die Küsten blank. Im äußersten Norden geht viel Regen aus der «langen weißen Wolke» nieder, und das Klima, in diesem Bereich subtropisch warm, wechselt allmählich in die kühlgemäßigte Witterung über, die den Süden kennzeichnet.

Neuseeland ist von langen Bergketten durchzogen: Ein hoher, im Westen schroff zur Küste abfallender Gebirgszug erstreckt sich über die ganze Länge der Südinsel, und die Nordinsel ist von Vulkanen durchsetzt. Das Gestein ist im allgemeinen weich, und steile, von starkem Erdabtrag bedrohte Hänge wurden früher von ausgedehnten

Wäldern gefestigt, in denen es keine weiden- den Tiere gab.

Auf der Nordinsel wuchsen dichte Wälder riesiger, mit Hartlaubabäumen vermischter Kaurifichten, während Bestände hoher Steineiben auf den fruchtbaren Böden beider Inseln gediehen. Die Kauri- oder Kopalfichten erzeugen ein wertvolles, dauerhaftes Holz und tragen breite Nadeln und runde Zapfen; sie wachsen auch in Queensland, Indonesien und den Fidschiinseln. Die Steineiben, die häufig eibenähnliche, manchmal aber auch kleine, an Zypressenlaub gemahnende Blätter haben, bilden Früchte mit fleischigem Mantel aus, die bei einigen Arten an kleine Eicheln erinnern. Diese Koniferen bringen sowohl hochwüchsige Bäume mit astfreien Stämmen wie auch buschige Formen hervor, und von den acht Hauptarten — alle unter ihrem Maori-Namen bekannt — sind Totara, Rimu und Kahikatea die wich-

tigsten. Steineiben kommen auch in Südamerika, Australien, Südafrika, Ostindien und selbst in nördlicheren Breiten wie Japan vor.

In den Bergen der Südinsel wurden die Kaurifichten durch kleinblättrige immergrüne Buchen abgelöst. Sie wachsen, ziemlich reine Bestände bildend, oft zu hohen Bäumen heran; in höheren Lagen sind sie verkümmert. Diese Südbuchen gedeihen außerdem in Chile, Argentinien und Südwestaustralien und finden sich heute, im Verein mit Nadelbäumen, auch auf der Nordinsel. Die Nadelwälder Neuseelands sind dicht und dunkel, und nur wenige Blumen, wie die Pohutakawa mit ihren leuchtend roten Blüten und die zartgelben Blumenblätter der Schnurbaumart Kowhai, durchbrechen das eintönige, schwere Grün. Auf den ärmeren Böden des Nordens löste niedriges Gebüsch den Wald ab, und auf der trockenen Ostseite der Südinsel, im Regenschatten der Gebirgs-



Unten Die Vegetation in diesem Steineibenwald mit seinen hohen, zarten Baumfarnen ist, obwohl üppig, weniger abwechslungsreich als die Flora des Tropenwalds. Die feuchten, warmen Regionen im Innern der Nord-

insel sind reich an Matai-, Totara-, Kahikatea- und Rimubäumen. Diese Steineibenarten regenerieren langsam und verlieren Boden an Laubbölder wie Tawa oder werden von Kamahi- und Ratabäumen überflügelt.

Unten Die roten Nadelkissenblüten dieses Ratabaums bringen Farbe in die vorwiegend grünen Wälder Neuseelands. Der Rata keimt, sein Dasein als epiphytisches Gewächs beginnend, auf Rimubäumen und treibt dann Wur-

zeln bodenwärts. Ist der Rata einmal selbständig geworden, erhebt er sich zum dominierenden Baum, indem er den Rimu langsam erdrosselt. Der Wirtsb Baum vermodert und hinterläßt dem siegreichen Rata einen hohlen Stamm.



Links Diese schöne Maori-Schnitzarbeit stellt einen hochgestellten Vorfahren als siegreichen Krieger dar. Sie wurde aus Totara-Holz von einem tohunga oder Holzschnitzer gefertigt, der vermutlich, ehe er den Baum dafür schlug, ein Gebet an den Waldgott Tane richtete. Besonders schöne Baumexemplare, von lokalen Stammeshäuptlingen sehr geschätzt, erhielt man späteren Generationen durch Auferlegung eines tapu — dieses Wort fand später in verschiedenen Sprachen als »Tabu« Eingang.

Rechts Vögel, die ursprünglichen Waldbewohner, sorgen in den Wäldern Neuseelands noch immer für die Beschränkung der Insektenzahl, die Befruchtung von Blüten und das Austreten der Samen. Die Bodeninsekten werden vom flugunfähigen Kiwi oder Schnepfenstrauß gejagt. Der Tui aus der Familie der Honigfresser, wegen seiner zwei weißen Federbüschel am Hals auch Priestervogel genannt, saugt mit seiner pinselförmigen Zunge Honig aus Kowhai- und Ratablüten und bestäubt sie dabei.



ketten, wuchs bis zum Fuß der langen, von Hochwäldern bedeckten Bergzüge mageres Gras.

Die Maori rodeten den Wald an fruchtbaren Stellen für Ackerbauzwecke und räucherten bei der Gelegenheit feindliche Stämme aus. Doch ihr unsystematisches Vorgehen zeitigte, im Vergleich zu der Verbissenheit, mit der die Weißen zu Werke gingen, geringe Folgen. Europäische Walfänger zählten zu den ersten, die den Wert des heimischen Holzes erkannten, und das zugängliche Flachland wurde alsbald seiner Wälder beraubt. Nachdem Neuseeland 1840 englische Kolonie geworden war, bemächtigten sich rasch weiße Siedler der Inseln, und Waldbäume wurden sowohl für heimische Bauwerke — wie das aus Kopalholz gebaute Parlamentsgebäude in Wellington — als auch für Export und landwirtschaftliche Nutzung des Bodens in großer Menge geschlagen.

Die aus dem Ausland eingeführten Tiere flüchteten sich in die Wildnis. Hirsche, Gemen und Oppossums, die man als Jagdwild in den Wäldern ausgesetzt hatte, ergriffen, sich emsig vermehrend, vom Gebirge Besitz, während Kaninchen in die trockeneren Ebenen einfielen. Auf den unfruchtbaren Böden, wo der Ackerbau mißglückt war, machten sich die neu eingeführten Wildrosen, Brombeersträucher und Ginsterbüsche unheimlich breit. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wuchs die Besorgnis um die Restbestände an Wald. Man wurde sich bewußt, daß dort, wo der Boden nicht für die Landwirtschaft gebraucht wurde, die abgeholzten Wälder wieder aufgeforstet werden sollten. Die von Farn und Perückenbüschen überwucherten Bimssteinhänge der Vulkane im Norden wurden weitgehend bepflanzt.

Auf der Südninsel, wo sich Waldbestände heimischer Arten erhalten hatten, wurden

ebenso wie auf der Nordinsel mit Erfolg Bäume nordamerikanischer Herkunft gezogen. Die äußerst kräftige Monterey-Kiefer aus Kalifornien erwies sich in allen Regionen, wo man sie zu kultivieren versuchte — mit Ausnahme des subtropischen Nordens und der dürrügigsten Steinböden im Süden —, als der weitaus raschwüchsigste Baum und wurde, neben der ebenfalls wuchsfreudigen Douglasie, zur verbreitetsten Art. Die Monterey-Kiefer wächst fünfmal schneller zu einer brauchbaren Größe heran als die Steineibe, liefert aber, im Vergleich zu den langsamwüchsigen heimischen, astfreien Hölzern, ein ziemlich knorriges Holz.

Um 1940 wurde durch Gutachten festgestellt, welche Bestände für die Holzgewinnung günstig seien und welche Wälder eine Schutzfunktion erfüllten.



# Die Inselwelt des Stillen Ozeans



Die ursprünglich dem Festland zugehörigen Inseln Melanesiens stellen, im Gegensatz zu den durch Vulkaneruption entstandenen ozeanischen Inseln, für Pflanzen und Tiere eine relativ beständige Umgebung dar. Nachdem die Vulkantätigkeit zum Stillstand gekommen ist, sinken die ozeanischen Inseln langsam wieder auf den Meeresboden ab. Die Korallenbildung vermag ihr

Der Pazifik nimmt mit 165 Millionen Quadratkilometern Größe fast ein Drittel der Erdoberfläche ein. Das von diesem Ozean umspülte Festland ist, abgesehen von Australien, Neuguinea und Neuseeland, in Tausende weitverstreuter Inseln aufgesplittet. Die Inseln im Westpazifik bilden drei große Gruppen, die unter den Namen Melanesien, Mikronesien und Polynesien bekannt sind. Von diesen drei Formationen verfügt nur Melanesien über ausgedehnte Wälder.

Das Meer legt zwischen Inseln und Landmassen unterschiedliche Distanzen und behindert die Wanderbewegung von Pflanzen und Tieren. Die meisten Inseln sind vom Festland weit entfernt und zudem klein; ihre geringe Größe verstärkt die Wirkung der Meeressperre.

Fauna und Flora der pazifischen Inseln bestätigen die Erkenntnisse der Insel-Biogeographie, wonach kleine oder entlegene Eilande meist weniger Arten bergen als größere oder festlandsnahe Inseln. Der Umfang einer Insel gibt am schlüssigsten Auskunft über die Anzahl eingebürgerter Arten, da an ihm die Menge verfügbarer Habitate deutlich ablesbar ist.

Ehe diese Inseln von Menschen — insbesondere weißen — besiedelt wurden, war

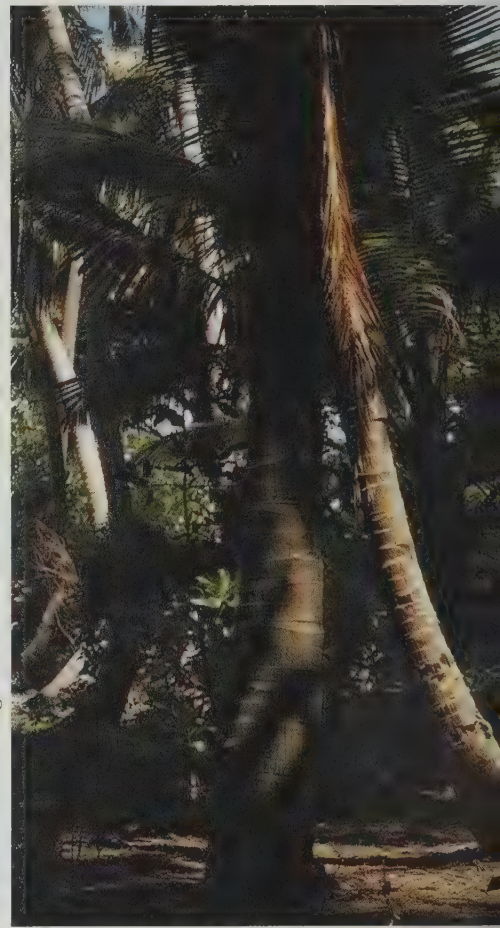
durch Erosion beschleunigtes Verschwinden kaum zu verzögern. Zu den vulkanischen Inseln Melanesiens gehören sowohl die Marianen, die Karolinen und die Palauinseln im Westen, die ein paar niedrige Gipfel aufweisen, wie auch die flachen Korallenformationen der Marshall- und Gilbertinseln weiter östlich, die im wesentlichen den polynesischen Inseln gleichen.

vermutlich fast ganz Melanesien mit Wald bedeckt. Ein hervorstechendes Merkmal dieser Wälder ist die Fülle kurzästiger, sehr großblättriger Bäume, die außerdem bedeutend weniger hoch sind als vergleichbare Waldgehölze in Malaysia. Stark vertreten sind Baumfarne, die in Neukaledonien und auf den Neuen Hebriden bis zu dreißig Metern Höhe heranwachsen.

Nadelhölzer kommen vor allem in Neukaledonien vor, wo 44 Arten beheimatet sind; die Fidschiinseln haben zehn Arten hervorgebracht, während es auf den Neuen Hebriden und den Salomonen sehr wenige heimische Koniferen gibt. Die feuchten, geschlossenen Wälder Neukaledoniens, der Neuen Hebriden, der Santa-Cruz- und der Fidschiinseln werden von Kaurifichten beherrscht. In tiefen Lagen Neukaledoniens sind nur zehn Prozent der Landfläche von Wald bedeckt. Auf den feuchten Nordinseln finden sich die schönsten Wälder an den windgeschützten Westhängen.

Auf den Salomonen herrschen wie eh und je tropische Regenwälder vor; die Küsten und tiefliegenden Täler nehmen große Süßwasser-Sumpfwälder ein. Es wurden rund sechzig Arten hoher Bäume gezählt; die Zahl der Arten ist auf diesen Inseln weit geringer

Unten Die pazifischen Inseln, die, wie Neukaledonien, Reste eines Kontinentalblocks sind, beherbergen eine vielfältige Fauna und Flora, die den kleinen, entlegenen Korallenatollen völlig fehlt.



als in Malaysia, aber die Bäume erreichen hier größere Höhen als auf irgendeiner anderen Inselgruppe Melanesiens. Die Gedrängtheit der Vegetationszonen, das Vorkommen von ein paar montanen Arten im Tieflandsregengebiet und die weite Verbreitung von Lianen und Epiphyten sind typische Merkmale des Regenwaldes der Salomonen, der in dem ungewöhnlich feuchten Klima üppig gedeiht.

Die Hawaii-Inseln sind durch die Eruption heißer, den Meeresboden durchstoßender Erdmassen entstanden. Die am Nordwestende des Archipels gelegene, rund 15 Jahrmillionen alte Insel Kure ist im Zerfall begriffen: Der Bodenabtrag durch Wind, Regen und unaufhörlichen Wellenschlag hat nur ein niedriges Korallenatoll zurückgelassen. Hawaii selbst besteht seit kaum einer Million Jahren; vom relativ geringen Alter der Insel zeugen die beiden 4 000 Meter hohen Vulkane Mauna Loa und Mauna Kilauea.

Eine frappante Eigentümlichkeit der Pflanzenverbreitung in der Inselwelt des Pazifiks ist die Beschränkung bestimmter Arten auf eine oder wenige Inseln. Über achtzig Prozent der Pflanzenarten Neukaledoniens sind Endemiten, auf den Neuen Hebriden indes nur 15 Prozent. Für Säuger sind





Oben Der idyllische, von Palmen gesäumte Strand der pazifischen Inseln. Diese Palmen wachsen von Natur aus selten weit vom Strand entfernt, da die Schwere der Samen ihre Verbreitung über größere Distanzen verhindert.

Unten Wo das Land vor peitschenden Winden geschützt ist und nicht durch kürzliche Lavaergüsse unfruchtbar wurde, gedeihen die charakteristischen Bäume Hawaiis und gewähren Kamehamea-Schmetterlingen Schutz.

lange Seemigrationen besonders schwierig, und mit Ausnahme eines Kuskus auf den Salomonen besteht die einheimische Säugetierfauna Melanesiens ausschließlich aus Fledermäusen, unter denen die Flughunde das Übergewicht haben.

In Neukaledonien, das 1 100 Kilometer von Queensland entfernt und eine der größten Inseln im Stillen Ozean ist, kommen weder Säuger noch Frösche, dafür jedoch einige Schlangen und Eidechsen vor. Auf den Neuen Hebriden gibt es keine heimischen Lurche, während auf den Salomonen mehrere Arten beheimatet sind. Die größeren Inseln der Fidschigruppe, 2 300 Kilometer nordöstlich von Australien gelegen, sind echte Reste eines Kontinentalblocks und beherbergen Eidechsen, Skinke, Schlangen sowie zwei Froscharten; diese Inseln sind die entlegenste Region im Pazifik, die von Amphibien besiedelt ist.

Die Verdrängung umfangreicher Waldlande durch niedriges Baumdickicht und Schlinggewächse ist die Folge von Naturkatastrophen, verbunden mit Eingriffen des Menschen. Durch die Ankunft des weißen Mannes wurde der Einschlag von Nutzhölzern beschleunigt, und wertvolle Kauriarten sind rar geworden.





# ROHSTOFFE AUS DEM WALD

...Die Produkte von Pflanzen haben einen großen Einfluß auf den Handel der einzelnen Länder ausgeübt und in großem Maß zur Förderung der Seefahrt beigetragen, wie es Zucker, Tee, Tabak, Opium, Ginseng, Betelnuß, Papier und andere Produkte deutlich machen. Da jedes Klima die ihm eigentümlichen Erzeugnisse hervorbringt, kommt es durch den naturbedingten Gütermangel zu einem gegenseitigen Warenaustausch, bei dem die Pflanzenprodukte jedes Breitengrades in die entlegensten Weltteile gelangen. Doch ohne die Kenntnisse von Pflanzen und ihrer Kultivation müßten wir auf die köstlichen Früchte Indiens und die heilkräftigen Arzneien Perus verzichten.

GILBERT WHITE, *The Natural History of Selbourne*, 1778









# Handelshölzer: geographische Verbreitung

In den Wäldern der Erde werden jährlich an die zwei Milliarden Tonnen Nutzholz geschlagen. Fast die Hälfte davon wird, in unmittelbarer Nähe der Hiebstelle, sofort als Brennholz verbraucht; der Rest gelangt in den Handel. Handelshölzer lassen sich grob in zwei Klassen einteilen: in Nadelhölzer mit vorwiegend weichem und in Laubhölzer mit vorwiegend hartem Holz.

Die größten Nadelholzwälder finden sich auf der Nordhalbkugel. In Nordamerika wachsen hauptsächlich Weiß- und Schwarzfichte, Balsamtanne und Sumpfkiefer im Osten; Sitka-Fichte, Douglasie, Westamerikanische Hemlocktanne, Riesenlebensbaum und Goldkiefer im Westen. Europa steuert Gemeine Fichte, Gemeine Kiefer sowie Lärchen zur Weltholzproduktion bei.

Die natürliche Verbreitung der subtropischen Nadelhölzer ist beschränkt. Man hat jedoch die in diesem Klima heimischen Arten, vor allem Sumpf- und Monterey-Kiefer, im Süden der Vereinigten Staaten, in Neuseeland und Südamerika sowie anderen subtropischen Gebieten in großem Umfang angepflanzt, so daß sich das Weichholzangebot künftig wesentlich erhöhen wird.

Die meisten Nutzkoniferen erzeugen schnellwüchsiger, gleichförmigere Bäume mit geringerem Stammdurchmesser als die Laubhölzer. Außerdem ist die Zahl der Nadelholzarten relativ gering, und selbst in den Natur-Koniferenwäldern kommen große Reinbestände einzelner Arten vor. All dies vereinfacht das Schlagen der Bäume, so daß Weichholz viel billiger ist als Hartholz.

Die Laubwälder der Tropen bringen eine weit größere Vielfalt an Hölzern hervor als die Nadelwälder. Auf einen Quadratkilometer kommen rund achtzig verschiedene Baumarten vor, und es gibt sechzig wichtige Tropenlaubhölzer (siehe Seiten 82/83). Da diese Hölzer im allgemeinen dichter, dauerhafter und astreiner sind als Nadelhölzer, ist der Tropenwald ein besonders wertvoller Produzent von schweren Konstruktionshölzern wie Greenheart und Iroko und von Hölzern für Tischlerfeinarbeiten wie Mahagoni und Teak.

Die meisten bekanntesten Hölzer laubwerfender Arten wie Eiche, Buche und Ulme stammen, Qualitätshölzer wie Walnuß eingeschlossen, aus den gemäßigten Gebieten Europas. In den Vereinigten Staaten zählen Zuckerahorn, Nördliche Roteiche, Spätblühende Traubenkirsche, Gelbbirke, Weißesche, Schwarzuß und Buche zu den wichtigsten laubwerfenden Hartholzbäumen.

Die mediterranen Hartlaubwälder bringen Bäume wie die immergrüne Eiche hervor, die sich ideal für Möbel und Furniere eignet; da ihre Wachstumszeit durch sommerliche Dürreperioden abgekürzt wird, bildet sie ein feines Holz mit schmalen Jahrringen aus.

## MITTELAMERIKA UND KARIBIK

### LAUBHÖLZER

Almáico  
Amerik.  
Magnolie;  
Lilienbaum  
Andiroba;  
Krappa;  
Carapa  
Angelin; rote  
Angelin  
Aromata  
Balata  
Bandé  
Basralocus;  
Angélique  
Bastard-Pockholz  
Bois gris  
Bullhoof  
Bustic  
Caconnier rouge  
Carapite

Cocobolo;  
Grenadille  
Courbaril;  
Jatoba; Heuschreckenbaum  
Curupi  
Degame  
Donzella  
Ebo;  
Tonkawood  
Echtes  
Mahagoni  
Encens  
Freijo  
Fustik; echtes  
Gelbholz  
Gummibaum  
Honduras-  
Rosenholz  
Ipé

Katibo  
Kokusholz  
Lancewood  
Laurier petites  
feuilles  
Laurier poivre  
Mahot  
Majagua  
Manil;  
Matakkie;  
Ossol  
Marupa;  
Simaruba  
Nargusta;  
Amarillo  
Petit citron  
Pipirie  
Primavera  
Quaruba  
Résolu  
Roble

Sabin  
Santal  
Santal de Regen  
Santalholz  
westindisches  
Seidenholz  
Teak  
Virola, hell  
Weißes Tabebuia  
Ymeri  
Yokewood

### NADELHÖLZER

Honduras  
Yellowwood  
Zentralamerik.  
Kiefer

## SÜDAMERIKA

### LAUBHÖLZER

Acapu-Rana  
Amaranthholz;  
Luftholz;  
Purpurholz  
Amarella;  
Vinhatico  
Andiroba;  
Krappa;  
Carapa  
Arahiba  
Babun  
Babun; Virola  
Bacomixa  
Bagasse  
Baguacu  
Bahia-Rosenholz; Tulpenholz  
Balsa  
Baromalli  
Basralocus;  
Angélique

Brasil.  
Mahagoni  
Brasil. Rosenholz; Rio-Palisander  
Ceiba; Baumwollbaum;  
Kapokbaum  
Cerejeira  
Coigu; Chilen.  
Buche  
Courbaril;  
Jatoba;  
Heuschreckenbaum  
Dukali; Amapá  
Encens; Kopal;  
Roter Kopal  
Espavel; Kaju  
Faveira; Weißes  
Sucupira  
Freijo  
Fustik

Gelbholz;  
Bakuri  
Gonçalo Alves  
Greenheart;  
Grünherzholz  
Guararuba  
Hevea; Gummibaum  
Imbuia  
Ipé  
Itauba  
Jacaranda Pardo  
Jatai Peba;  
Jataiba  
Jequitiba  
Kanafistula  
Kanela  
Kangerana  
Kopie  
Laurelia;  
Chilholz  
Licania-Arten

Lingue  
Louro Inhamui  
Louro Pardo;  
Peterebi  
Louro  
Vermelho;  
Rote Louro  
Macacaba  
Mahot  
Manbarklak  
Mandio; Kwalie;  
Kwarrie  
Manniballi;  
Torchwood;  
Candlewood  
Marupa;  
Simaruba  
Massaranduba;  
Pferdefleischholz  
Mora  
Muiratinga

Olivillo  
Pau Amarillo  
Pau Marfil  
Elfenbeinholz  
Pau Mulato;  
Kapirona  
Peroba de  
Campos  
Peroba Rosa  
Piquia  
Possentrie;  
Sandbüchsenbaum  
Quaruba;  
Kwarrie  
Rauli; Antarktische Buche  
Sajo  
Sande  
Santa-Maria  
Schlangenhholz;  
Letternholz

Lukupira  
Südamerik.  
Satinholz  
Suradan  
Tineo  
Ulmo  
Vera; Vera  
Pockholz  
Violettholz;  
Brasil. Violett-  
holz  
Walaba

### NADELHÖLZER

Alerce; Lahuan  
Cedrela  
Chilenische  
Araukarie  
Manio  
Pinheiro; Brasil.  
Araukarie;  
«Parana pine»

## WICHTIGSTE WALDREGIONEN

- Nadelbäume
- montane Wälder
- Laub- und Nadelholzmischbestände
- sommergrüne Laubhölzer

- mediterrane Hartlaub- und Nadelhölzer
- Laubhölzer tropischer Regenwälder
- randtropische Wälder
- Savannenwälder

## WICHTIGSTE HOLZPRODUZIERENDE REGIONEN

- Europa
- Nordamerika
- Mittelamerika und die Karibik
- Südamerika
- Afrika
- Südostasien
- Philippinen und Indonesien
- Australasien





EUROPA

LAUBHÖLZER

Ahornblättrige  
Platane  
Bergahorn;  
Stumpfblät-  
tiger Ahorn  
Birnbäum  
Buchsbaum;  
Gemeiner Bux  
Edelkastanie;  
Eßkastanie  
Erle

Europäische  
Birke  
Europäische  
Linde;  
Gemeine  
Linde  
Europäische  
Ahorn  
Gemeine Buche  
Rorbusche  
Gemeine Eiche

Gemeine  
Robinie;  
Falsche Akazie  
Gemeine  
Rokastanie  
Gemeine  
Walnuß  
Deutscher  
Nußbaum  
Hain-Weiß-  
Steinbuche

Pappel  
Stechpalme;  
Hülse  
Stielbuche;  
Sommereiche  
Waldkirsche  
Ulme; Ruster  
Weide

NADELHÖLZER

Douglasie,  
Douglasfichte  
Drühenkiefer  
Eiche  
Europäische  
Tanne  
Gemeine  
Fichte  
Gemeine Kiefer  
Korsische  
Schwarzkiefer

Japanische  
Lärche  
Lawson-Schei-  
zypresse  
Mammuthaum  
Wellingtonie  
Österreichische  
Schwarzkiefer  
Pinie  
Riesenlebens-  
baum

Sitka-Fichte  
Thuja  
Weißtanne,  
Edeltanne  
Zeder  
Zirbelkiefer,  
Arve

PHILIPPINEN  
UND JAPAN

LAUBHÖLZER

Agar  
Albizia-Arten  
Amugis; Rangu  
Apitong; Gurjun  
Aranga  
Bambus  
Batate  
Baticulin  
Binggas  
Calamansanay  
Dao; Paldao  
Diospyros-Arten  
Götterbaum;  
Ailanthus  
Hopea-Arten  
Japanische Birke  
Japanische  
Buche  
Japanische  
Eiche; div.  
Arten  
Japanische Erle  
Japanische  
Esche; Tamo  
Japanische  
Kastanie  
Japanischer  
Ahorn, div.  
Arten  
Japanischer  
Buchsbaum  
Japanischer  
Kirschbaum  
Kaki;  
Khormalou  
Katsura; Judas-  
baum

Keyaki  
Kiri  
Lanipau  
Lauan  
Liusin  
Malabayabas  
Malagai  
Mancong  
Menkong  
Merrillia  
Palosapis  
Sophora  
Schnurbaum  
Tindalo  
Weide

NADELHÖLZER

Almaga  
Benguet-Kiefer  
Hemlocktanne  
Japanische  
Fichte  
Japanische  
Lärche  
Japanische  
Rotkiefer  
Japanische  
Tanne  
Sugi, Sichel-  
tanne

AFRIKA

LAUBHÖLZER

Abachi; Obeche;  
Wawa; Samba  
Abura; Bahia  
Afromosia; Ko-  
krodua; Asa-  
mela  
Afrikan. Albiz-  
zia; Tanga  
Tanga  
Afrikan. Khaya;  
Khaya Maha-  
goni  
Agba; Tolabran-  
cas; Weißes  
Tola  
Akossika  
Alstonia  
Angu; Muhimbi  
Anigeria  
Antiaris; Ki-  
rundu  
Avodire; Apaya  
Banga Wanga  
Bilinga; Opepe  
Bongossi  
Bosse; Guarea  
Buchs  
Bubinga  
Ceiba; Baum-  
wollbaum  
Dabema; Da-  
homa  
Dacryodes-  
Arten  
Danta; Kotibe;  
Papa  
Dibetou; Bibolo  
Difou  
Doussie;  
Afzelia  
Dunkles  
Sterculia  
Ebenholz  
Ebiara  
Ekaba; Ekop  
Ekebergia;  
Mukongu

Ekoune  
Erimado; Esseng  
Essenge; Musizi  
Essia; Wulo  
Eyong; Gelbes  
Sterculia  
Faro; Ogea  
Framire; Idigbo  
Geombi  
Gmelina  
Grenadill  
Grevillea; Afrik.  
Seideneiche  
Ilomba; Lomba  
Impa; Awari  
Iroko; Kampala  
Izombe  
Kanarium; Abel  
Kosipo  
Limba; Afara  
Limba;  
Ditshipi  
Lolioand  
Elgon  
Longhi; Longui  
Matu  
Makarati  
Makore  
Malacantha  
Mansonia; Bété  
Moabi  
Movingui; Ayan  
Mtambara  
Mueri; Rotes  
Stinkholz  
Mugaita;  
Rapanea  
Mugonga;  
Mugonha  
Mugonyone;  
Wanda  
Muhuhu  
Mukulungu;  
Kulungu  
Muninga;  
Braunes Afrik.  
Padouk

Musaizi  
Niangon  
Niowe  
Ohia; afrik.  
Celtis  
Okan; Adoum  
Okoume  
Gabus  
Okwen; Naga  
Olonvogo;  
Olong  
Ostafrik.  
Kamferholz  
Ostafrik.  
Olivenbaum  
Ovangkol  
Ovoga; Poga  
Rotes Afrik.  
Padouk;  
Padouk;  
Paduk  
Sapelli; Sapele;  
Abondikro  
Sipo; Utile  
Tali; Messandra  
Tchitola; Rotes  
Tola  
Tiam; Kalungi  
Umugui  
Wenge; Awang  
Zebrano;  
Zingana

NADELHÖLZER

Afrik.  
Wacholder;  
«Bleistift-  
zeder»  
Monterey-  
Kiefer  
Podo  
Thuja  
Zypresse

SÜDASIEN

LAUBHÖLZER

Ainee  
Amoor; Thitni;  
Chumprak  
Anan; Trai;  
Sumatra-  
Eisenholz  
Andaman  
Bowwood  
Andaman-  
Ebenholz  
Andaman  
Padauk  
Anjan  
Babul  
Badam  
Benteak; Nana  
Buchsholz  
Burma  
Blackwood  
Burma-  
Rosenholz;  
Tamalan  
Champak  
Chaplash  
Chickrassy;  
Lat-hoa  
Cinnamon  
Dhaman  
Dhaura  
Dunkles  
Chuglam  
Ebenholz  
Echtes Sandel-  
holz  
Eng  
Grandis-Gummi  
Gumari;  
Gumhar  
Gurjun;  
Hollong  
Haldu; Lasi  
Hollock  
Indische Akazie  
Indische Ulme;  
Himalaya-  
Ulme  
Indischer  
Bombax  
Indisches  
Karapa;  
Njuru  
Indisches  
Laurel; Sain  
Indisches Rosen-  
holz  
Indisches Silver-  
greyholz;  
Helles  
Chuglam  
Jarul; Banglang  
Kambalu

Kampferholz  
Keruwing;  
Kruwing  
Kindal  
Kokko  
Lunumidella  
Mesua  
Nußbaum  
Pali  
Panaka  
Pterospermum-  
Arten  
Pyinkado;  
Burma-Eisen-  
holz  
Sal; Kachac;  
Thithya  
Schwarze Siris  
Sissoo  
Tandjung;  
Bukal  
Teak  
Thingadu  
Thitka; Kashil  
Zitronenholz;  
Ostindisches  
Satinholz

NADELHÖLZER

Asiatische  
Zeder  
Chir  
Himalajafichte;  
Morindafichte  
Himalajakiefer;  
Tränenkiefer  
Himalajatanne  
Himalajazeder  
Nepalzyypresse  
Indischer  
Wacholder  
Zederzyypresse

SÜDOSTASIEN

LAUBHÖLZER

Amboina;  
Amboine  
Bangkirai  
Belian  
Bentangor  
Benuang;  
Erima  
Bitis  
Chengal  
Durian  
Geronggang  
Giam

Jelutong  
Kapur  
Katon  
Kelat  
Keledang  
Kempas  
Kerandji  
Keruing  
Krabak  
Kra-Thon;  
Ketjapi  
Kungkur  
Machang  
Malaiisches  
Kanariumholz  
Medang  
Kelawar, Seru  
Melunak  
Mempisang  
Mengkulang  
Meranti  
Meranti Gerutu  
Merawan  
Merbau;  
Molukisches  
Eisenholz  
Merpau  
Mersawa  
Nyatoh  
Penarahan  
Perupok  
Pulai, Shaitan  
Punak  
Ramin  
Rengas;  
Torotoro  
Resak  
Selangan Balau  
Selangan Batu  
Sepetir  
Sesendok  
Simpoh  
Sumpf-Sepetir  
Teak  
Tembusu  
Terap  
Terentang  
Weißes Lauan  
Weißes Seraya

NADELHÖLZER

Ostindische  
Kauri  
Sempilor;  
Meloor

AUSTRALASIEN

LAUBHÖLZER

Arakapoi  
Austrocarpus  
Zeder  
Australisches  
Endiandra  
Austral. Black-  
wood; tropi-  
sche Akazie  
Blackbean  
Blackbutt  
Blaugummi-  
baum; blauer  
Eukalyptus  
Brushbox  
Buchs  
Calophyllum-  
Arten  
Campnosperma-  
Arten  
Casuarina  
Celtis-Arten  
Coachwood  
Endospermium  
Erima;  
Benuange  
Eucalyptus  
gigantea  
Falsche austra-  
lische  
Weißesche  
Flindersia-Arten  
Gelbgummi-  
baum; gelber  
Eukalyptus  
Gesprenkelter  
Eukalyptus  
Gofassa;  
Gupasa  
Grauer Eisen-  
rindenbaum  
Hopea-Arten  
Jarrah, Dscharrh  
Kamarere  
Karri  
Kokospalme  
Kwila  
Labula

Malas; Aranga  
Meliaceae  
Messmate  
Stringybark  
Nothofagus-  
Arten; Süd-  
buchen  
Papuanuß; Dao  
Paladium-Arten  
Pfefferminz-  
baum  
Planchonella-  
Arten  
Pulai; Shaitan  
Rata  
Rotgummi-  
baum; roter  
Eukalyptus  
Salomo Padauk  
«Seideneiche»;  
Grevillea  
«She-Oak»  
Spondias  
Stringybark  
Talgholz;  
Tallowwood  
Taun  
Tawa  
Terminalis-  
Arten  
Turpentine  
Wando  
Wassergummi-  
baum  
«Wau-Buche»  
«Weißbirke»  
«Weißbuche»

NADELHÖLZER

Araucaria-  
Arten  
Kauri  
Podocarpus-  
Arten; Stein-  
eiben  
Rimu  
«Selleriefichte»



# Der internationale Holzhandel

Neunzig Prozent der gesamten Holzproduktion werden in den Erzeugerländer verbraucht. Dennoch kommen im Jahr rund zweihundert Millionen Tonnen Holzprodukte auf den Weltmarkt: Nadelhölzer, Laubhölzer und Holzfabrikate wie Platten und Fasern.

Kanada, die Vereinigten Staaten, Skandinavien und die Sowjetunion sind die Hauptproduzenten von Nadelhölzern; als hochentwickelte Industrieländer verarbeiten sie den Hauptteil des Holzes vor dem Export zu Brettern und anderen Sägehölzern, Holzwerkstoffplatten oder Fasern für die Papierherstellung.

Mit den Laubhölzern verhält es sich anders: Bis vor einem Jahrzehnt entfiel ein hoher Anteil der Hartholzerzeugung auf Länder mit beschränkter industrieller Leistungsfähigkeit, die kaum in der Lage waren, das Holz zu verarbeiten, und es daher zum

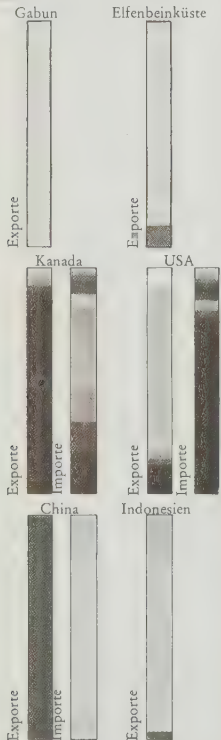
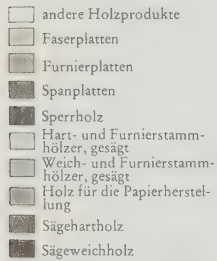
größten Teil in Form unzerlegter Langhölzer ausführen. Da die Entwicklungsländer jedoch bestrebt sind, ihre Exporteinnahmen zu steigern, gehen sie allmählich ebenfalls zur Holzbearbeitung über. Andererseits werden Hölzer, die für Spezialzwecke wie Furniere bestimmt sind, stets am Ort der Weiterverarbeitung zersägt werden müssen, so daß der Rohholzhandel wohl nie ganz aufhören wird. Neben der industriellen Leistungsfähigkeit einzelner Länder wirken sich aber auch Lohnhöhe und Verfügbarkeit von Arbeitskräften auf den Holzhandel aus, besonders bei Produkten wie Sperrholz, die einen arbeitsintensiven Fertigungsprozeß erfordern. Die emporschnellenden Arbeitslöhne in vielen Industrieländern haben, abgesehen vom Mangel an geeigneten Rohhölzern, zur Schrumpfung der Sperrholzproduktion in Europa und zu einem rapiden Aufschwung der Holzindustrie im Fernen Osten geführt.

Unter Die hochentwickelten Länder der Nordhalbkugel, die über große Bestände an schnellwüchsigen Nadelhölzern verfügen und in der Lage sind, das Holz zu be- und verarbeiten, sind, mit Ausnahme Südasiens, die Hauptexporteure von Holz und Holzprodukten. Trotz des extrem hohen Holzeinschlages in den Tropen exportieren bis heute nur drei afrikanische Länder

jährlich über 500 000 Tonnen Rohholz. Die Gründe dafür sind, daß erstens ein hoher Anteil des Holzes als Brennholz verbraucht oder bei Brandrodungen vergeudet wird, daß zweitens in vielen dieser Länder die Holzverarbeitungsindustrie in den Kinderschuhen steckt und daß drittens der Weltmarkt für teure Tropenhölzer beschränkter und spezialisierter ist als der Weich-

## HOLZPRODUKTE

prozentualer Anteil am Holz- und Holzproduktehandel



## IMPORTE UND EXPORTE (in 1 000 Tonnen)

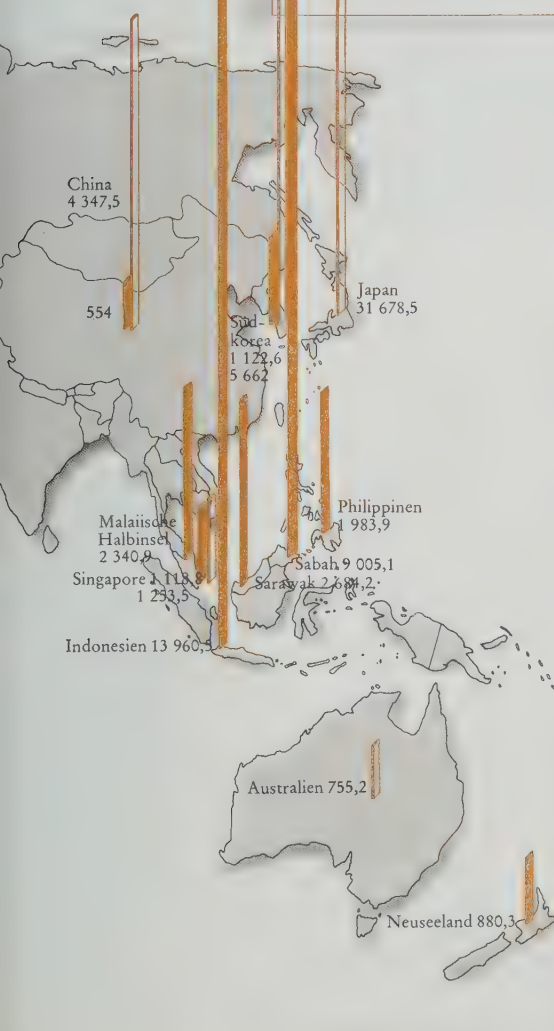


Es sind nur Länder erfasst, die über 500 000 Tonnen ein- oder ausführen.



*Frankreich zum Beispiel importiert immer noch in großem Umfang Holz aus seiner früheren Kolonie Gabun. Auch Ideologien wirken sich auf den Handel aus: Die Sowjetunion exportiert ihr Holz in andere Ostblockländer.*

## HAUPTHANDELSVERKEHR





# Die Forstwirtschaft



Vor hundert Jahren wurden Bäume manuell gefällt und von Tieren abtransportiert; um die Bewirtschaftung des Waldes kümmerte man sich kaum. Heute steigt die Nachfrage nach Zellstoff, Papier und Massivholz jedoch so stark an, daß man die Wuchsleistung des Waldes dem Holzbedarf anpassen muß.

Die modernen Forstleute bewirtschaften den Wald von der Bodenaufbereitung und Baumpflanzung bis zur Holzernte. Sie halten den ganzen Wachstumszyklus des Waldes hindurch konkurrierende Vegetation in Schach, um den Jungbäumen Wasser und Mineralstoffe leichter verfügbar zu machen; sie schützen den Wald gegen eine Vielzahl möglicher Krankheiten; sie sorgen für Düngung und kontrolliertes Verbrennen von Abfall, und sie lichten die Baumbestände auf.

Heute stehen dem Forstmann zu Verbesserung der Walderträge moderne Wissenschaft und Technologie zur Verfügung. So läßt sich die Holzernte durch neue Waldbauverfahren wie die Wiederaufforstung mit genetisch hochwertigsten Sämlingen, die raschwüchsiger und geradestämmiger sind und eine größere Höhe erreichen als natürlich gewachsene Bäume, bis zu zwanzig Prozent steigern.

Durch den Waldbau können Qualität und Umfang von Nutzhölzern stark erhöht

werden. In einem Naturnadelwald im Nordosten der Vereinigten Staaten wachsen etwa 50 000 bis 100 000 Sämlinge pro Hektar, und es sind Fälle bekannt, wo sich die natürliche Verjüngung nach der Holzernte auf 600 000 Sämlinge je Hektar belief. Solche Bedingungen führen jedoch zu Kümmerwuchs und Anfälligkeit des Waldes für Krankheiten.

Will der Förster einen Wald durch Pflanzung neu begründen, muß er zunächst den Boden sorgfältig vorbereiten, um das korrekte Setzen der Sämlinge zu erleichtern; das Beschleunigen der natürlichen Regeneration erfordert eine weniger intensive Bearbeitung. Nachdem ein Bestand geerntet wurde, ist die Hiebstelle mit wertlosen Bäumen, Sträuchern und Ästen übersät. Damit eine rationelle Aufforstung des Schlags möglich ist, muß der Forstmann die Abfälle beseitigen. Dafür gibt es drei Methoden: Er räumt sie weg; er arbeitet sie mit schweren Gerät in den Boden ein; oder — was am wirtschaftlichsten und gebräuchlichsten ist — er verbrennt sie. Wenn die Abfälle verbrannt werden sollen, arbeiten die Forstleute Pläne aus und bereiten die Örtlichkeit wochenlang vor dem Entfachen des Brandes sorgfältig vor. Diese Methode wird bei der Bewirtschaftung von Douglasienbeständen in Nordamerika häufig angewendet.

Links Der Kahlhieb ist eine ökologiegemäße Erntemethode; überdies ist er für die Regeneration lichtbedürftiger Baumarten wie der Douglasie unerlässlich.

Unten Der bei der Holzgewinnung abfallende Ausschuß kann wieder in den Boden eingebracht werden — ein die Verjüngung fördernder Vorgang.

Rechts Moderne Baumpflanzmaschinen beschleunigen das früher stets von Hand ausgeführte Anpflanzen. Zwei Leute können mit einer solchen Maschine an einem Arbeitstag bis 10 000 Sämlinge setzen. Das manuelle Pflanzen ist jedoch nach wie vor unentbehrlich, da sich Maschinen nur für ebenes Gelände eignen.



Zur Einarbeitung der Abfälle in das Erdreich sind schwere Pflüge oder Eggen nötig, die gleichzeitig den Oberboden aufbrechen. Dadurch wird die Krume der Luft ausgesetzt und den neuen Sämlingen die Wasser- und Mineralstoffaufnahme erleichtert. Diese Technik läßt sich jedoch in hügeligem Gelände nicht anwenden und ist durch die steigenden Treibstoffkosten in Frage gestellt.

In Baumkulturen müssen Krankheiten und unerwünschte Gewächsorten systematisch ausgerottet werden, damit der veranschlagte Bedarf an Waldprodukten gedeckt werden kann. Biologische und chemische Schädlings- und Unkrautvertilgungsmittel sind zu einem wichtigen Instrument wirksamer Waldbewirtschaftung geworden. Mit Herbiziden hält der Förster die Zahl von Laubböhlzern in Schranken, damit er wertvolle Koniferenbestände besser unterhalten kann; Herbizide spielen auch in Anzuchtbetrieben eine bedeutende Rolle. Andere Chemikalien schützen den Wald vor Insekten, Nagern und Schalenwild; diese Tiere vernichten jährlich eine Holzmenge, die rund vierzig Prozent der in Nordamerika geernteten Bäume entspricht.

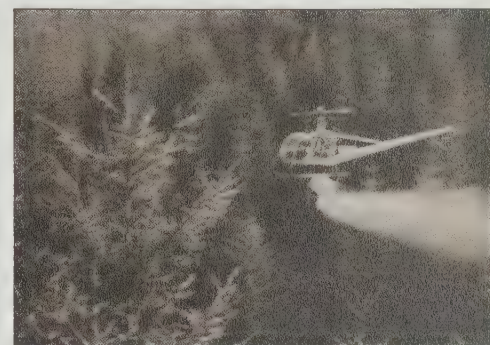
Zum Fällen einschlagsreifer Bestände werden verschiedene Holzerntetechniken gebraucht. Der Kahlhieb — der Einschlag sämtlicher Hölzer einer bestimmten Fläche —





Oben Die vorsorgliche Verwendung von Feuer verhindert die Ansammlung entzündbaren Abfalls auf dem Waldboden und schützt so die Bäume vor möglicher Zerstörung durch einen Waldbrand.

Unten Herbizide zur Vernichtung von Unkraut und Pestizide zum Schutz des Waldes vor Schädlings- und Krankheitsbefall sind wichtige Instrumente des modernen Waldbaus.



ist eine anerkannte, grundlegende Methode der Waldbewirtschaftung. Neben ihrer Ertragsfähigkeit ist die Kahlschlagswirtschaft bis zu einem gewissen Grad auch ökologisch angemessen, da sie das Vorgehen der Natur imitiert: So werden bei Sturm- oder Feuerkatastrophen die Baumbestände ebenfalls flächig zerstört. Der Kahlhieb eignet sich ganz besonders für die natürliche Verjüngung von Lichtbaumarten. Er ist auch für die Pflanzung von Forstkulturen günstig, da er den Waldbau mit genetisch verbesserten Sämlingen von Arten erlaubt, die sich normalerweise einer Wiederaufforstung widersetzen.

Eine weitere gebräuchliche Holzerntemethode ist das selektive Fällen im Zuge der Durchforstung, bei dem ausgewählte Bäume – tote, überreife oder andere Bäume in ihrem Wachstum bedrängende Hölzer – geschlagen werden. Bei der nur minderwertiges Holz erbringenden Auslesedurchforstung – einer Maßnahme, die vor der eigentlichen Durchforstung erfolgt – setzt der Förster den Konkurrenzkampf im Wald durch das Fällen selektierter Bäume herab und schafft so günstigere Wachstumsbedingungen für die verbleibenden Bestände.

Bei der Durchforstung werden also sowohl geringwertige Bäume wie auch eine An-

zahl wertvoller Stammhölzer geschlagen. In der Vergangenheit wurde die Methode des Einzelstammeinschlags mißbraucht, da man oft nur die besten Hölzer fällte und die Verjüngung des Waldes den schlechten überließ. Dieser Mißbrauch ist schuld an der jetzigen üblen Verfassung zahlreicher Waldbestände.

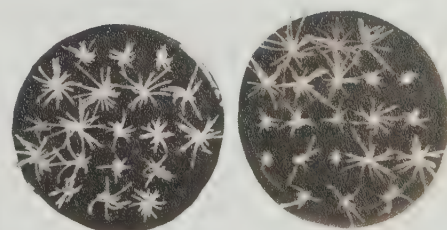
Ein anderes Holzgewinnungsverfahren ist der Besamungshieb, bei dem man eine bestimmte Zahl gesunder Bäume des Altholzes stehenläßt, durch deren Samen der Bestand regeneriert. Diese vorwiegend bei der Bewirtschaftung von Kiefernwäldern benutzte Hiebsart ist oft weniger zuverlässig als Kahlhieb und anschließende Neupflanzung.

Als weitere anerkannte Holzerntearten gelten Schirm- und Femelhieb, die ein Mittelding zwischen Durchforstung und Besamungshieb sind. Bei diesen Eingriffen wird das Kronendach aufgelockert, so daß sich der Wald unter dem Schirm der Mutterbestände verjüngen kann.

Die Forstwirtschaft ist heute in der Lage, Güte und Menge des Rohstoffs Holz zu steuern. Bei verantwortungsbewußter Bodenbewirtschaftung ist es daher möglich, die Waldreserven noch jahrhundertlang zu nutzen.

## KLONZÜCHTUNG

Ein Klon hat genau dieselben Erbeigenschaften wie seine Mutterpflanze. Für die Waldprodukteindustrie bietet der Einsatz von Klonen bedeutende Vorteile: Mit der Klonzüchtung ist es möglich, das Wachstum eines Baumes praktisch zu programmieren, und die Technik kann zur Massenerzeugung hochwertiger Sämlinge verwendet werden. Ein Wald aus Baumklonen sähe wohl einförmiger aus als ein Naturwald, aber die Bäume würden sich doch nicht aufs Haar gleichen, da unterschiedliche Umweltbedingungen das Erscheinungsbild der einzelnen Bäume verändern. Spezialisten für Gewebekulturen ist es gelungen, Bäume aus Jungtriebzellen von Douglasie, Kiefer, Pappel, Apfel- und Zitronenbaum zu ziehen. Diese Technik hat sich bislang in der Praxis bei der Zucht von Obstbäumen aus Samen bewährt.





# Die Holzernte



Links Die Schneiden einer Holzfällmaschine dringen in den Stammansatz einer Kiefer ein. Solche Geräte schlagen Bäume mit Durchmessern bis zu 60 cm.



Rechts Die Arbeit mit der Motorsäge ist zwar weniger anstrengend als mit Axt und Handsäge, doch sind Geschick und Präzision der Holzfäller unerlässliche Voraussetzungen.

Links Ernte von Industrieholz für Papier in Nordkanada. Diese Maschinen schlagen, entasten und schneiden das Holz in einem ununterbrochenen Kreislauf.

Unten In Skandinavien und manchen Teilen Nordamerikas ist das Wasser nach wie vor das geeignetste Transportmittel.



Die Fällmethoden sind je nach Hiebsgelände, Größe und Art des geschlagenen Baums und Verwendungszweck des Holzes verschieden. Der Einschlag von Holz für die Papierherstellung in einem Wirtschaftswald ist nicht mit der Fällung einzelner Tropenwaldbäume zur Massivholzgewinnung vergleichbar.

In den letzten dreißig Jahren haben sich die Holzernteverfahren wesentlich geändert, insbesondere in Skandinavien und Nordamerika. Axt und Handsägen wurden durch Motorsägen ersetzt, und in den vergangenen Jahren hat eine ganze Reihe neuer Maschinen den Markt erobert, die Bäume mit einem Hieb fällen. Doch eine womöglich noch bedeutsamere Wandlung ist die veränderte Rolle des Holzfällers selbst. Er legt nicht mehr einfach, wie früher, einen Baumbestand nach dem anderen um – für jeden gefällten Baum werden mindestens fünf neue gesetzt.

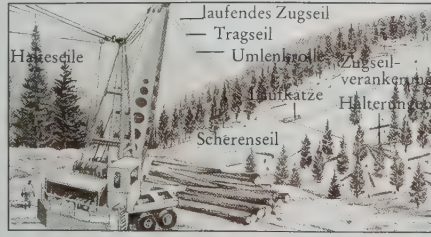
Die Mechanisierung wurde dadurch gefördert, daß es an Fachleuten fehlt, die bereit wären, weit von ihrem Wohnort im Wald zu arbeiten, so im hohen Norden, wo der Großteil an Holz für die Papierindustrie herkommt. Es wurden Maschinen entwickelt, die den Einschlag beschleunigen und die anstrengende Arbeit des Holzfällers von früher erleichtern. Heute erledigt eine Vielzahl von Geräten neben der Fällung der Bäume auch das Entasten und Zersägen der Stämme zu Schichtholz. Neuerdings werden diese drei Arbeitsgänge von ein und derselben Maschine verrichtet: Es dauert bloße dreißig Sekunden, bis ein im Wald wachsender Baum zu kurzem Rundholz von Normlänge verarbeitet ist. Da die Papierindustrie zunehmend Holzspäne statt Rohholz einkauft, wurden Spezialzerspaner gebaut, die



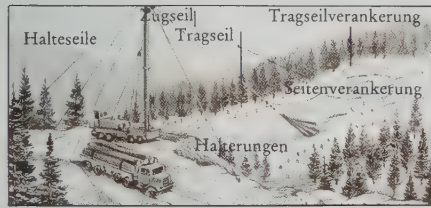


## SCHLAGGRÄUMUNG IM GEBIRGE

Bei der «Skyline» («Wolkenkabel») genannten Räumungsmethode (unten) ist der Seilkran mit Halteseilen am Berghang festgemacht. Das Zugseil läuft über eine Rolle und ist mit einer zweiten Rolle im Wald verankert. Die Stämme werden durch ein Scherenkabel zur Laufkatze und dann vom Tragseil den Abhang hinaufgezogen.



Bei der Schlaggräumung per «Hochkabel» (unten) werden die Stämme durch die Hubkraft eines mobilen, ausfahrbaren Krans mit Selbstantrieb hochgezogen. Die Stämme werden mit Halterungen an einem kurzen Seil befestigt, das seinerseits mit dem Tragseil verbunden ist. Die Zugseile laufen über verankerte Umlenkrollen.

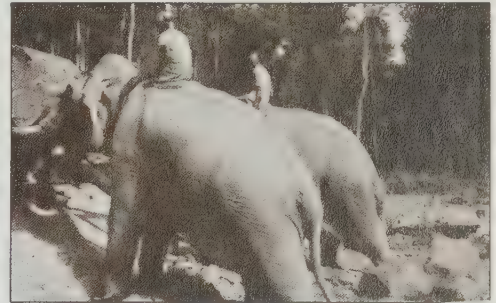


Unten Eine Seilkrananlage im Nordwesten der USA. Douglasienstämme werden von einem ausfahrbaren Kran mittels Rollen und Seilen von den Berghängen zur Sammelstelle gerückt und auf Lastwagen verladen.



Zuunterst Wenn der Hiebsort gut zugänglich und das Gelände flach ist, kann Langholz von Forstschleppern durch die schmalen Schneisen befördert werden, ohne daß die noch stehenden Bäume Schaden erleiden.

Unten Selektiver Holzeinschlag in Sarawak. Die Bäume begehrter Arten kommen in Regenwäldern nur weit verstreut vor. In den nur schwer zugänglichen Wäldern sind mechanische Erntemethoden ungeeignet.



Zuunterst In Assam in Nordostindien werden kräftige Elefanten auf die Schlaggräumung abgerichtet. In diesen Teakwäldern haben sich die Fälltechniken seit dem 19. Jahrhundert nicht mehr verändert.



am Hiebsort ganze Bäume zu Spänen zerkleinern und dabei gleichzeitig die Abfälle ausstoßen.

Die Maschinen haben den weiteren Vorteil, daß sie die Bäume direkt über dem Boden abhauen; dadurch ist die Wiederaufforstung von Kahlschlägen wesentlich leichter geworden. Hochentwickelte Geräte sind jedoch kostspielig, und ihr Unterhalt erfordert ein Team von Ingenieuren und Mechanikern. Nur Großbetriebe, die das Holz sowohl schlagen wie in Sägewerken und Papierfabriken verarbeiten, sind im Besitz vollmechanischer Erntegeräte. Solche Maschinen haben auch Nachteile. Sie sind, bis auf die neuesten Modelle, die ein Gefälle von 25 Prozent bewältigen, nur in relativ flachem Gelände einsatzfähig, und manche von ihnen können lediglich Stämme bis sechzig Zentimeter Durchmesser schneiden.

Für den Einschlag sehr großer Bäume oder für Erntearbeiten im Gebirge ist nach wie vor ein mit Handmotorsägen ausgerüstetes Holzfällerteam nötig. Um den Sturz eines geschlagenen Baums in die richtige Richtung zu lenken, wird der Stamm eingekerbt und auf der entgegengesetzten Baumseite, leicht oberhalb dieser Kerbe, ein zweiter Keil herausgeschnitten, so daß der Sägeschnitt nicht genau durch den Stammmittelpunkt verläuft. Ist der Baum gefällt, wird er entastet und in handliche Abschnitte zerteilt. Das gekürzte Rundholz wird dann mit besonderen Rücketechniken von den Berghängen zum Sammelort an den Ferntransportstraßen befördert.

Das mechanische wie auch das manuelle Einschlagverfahren eignen sich dann, wenn auf einer Fläche von rund hundert Hektar ein Kahlhieb durchgeführt wird. Im Tropen-

wald indes werden eine Menge Laubhölzer einzeln geschlagen, da die wertvollen Handelssorten wie Obeche, Mahagoni und Greenheart weit verstreut wachsen. Bei dieser Art Holzernte, auch «Absahnen» genannt, haben die begehrten Arten wenig Regenerationsmöglichkeiten, da sie nach dem Fällen durch geringerwertige Bäume abgelöst werden. Die Holzfäller müssen also immer tiefer in den Wald eindringen, um überhaupt noch auf einen Baum der gesuchten Sorte zu stoßen. Im Tropenwald werden noch häufig die herkömmliche Axt zum Fällen und Pferde, Ochs und Elefanten zum Abschleppen der Stämme gebraucht. In den letzten Jahren wurden für umfangreichere Schläge Motorsägen und Traktoren verwendet. Neuerdings hat man Regenwaldbestände auch auf mechanischem Weg geschlagen. Damit sich der Wald nach solchen Kahlhieben erholt, muß er möglichst sofort wieder aufgeforstet werden.

Nach dem «Rücken» des Holzes — seiner Beförderung vom Hiebs- zum Sammelort — wird es zum Ferntransport in Sägewerke oder Papierfabriken verladen. Waldeisenbahnen sind selten geworden; heutzutage wird das Holz zumeist mit großen Lastkraftwagen befördert, die auf kurvenreichen Bergstraßen ebenso sicher fahren können wie auf Autobahnen. In manchen Teilen Skandinaviens und Nordamerikas ist das Wasser noch immer ein billiges und zweckmäßiges Transportmittel. Langhölzer, deren Ziel das Sägewerk ist, werden, zu festen Flößen verbunden, von Schleppkähnen gezogen.



# Das Sägewerk

Im modernen Sägewerk sind die Tage der Handsäge vorbei. Heutzutage werden computergesteuerte Meß- und Prüfgeräte eingesetzt, um jeden Stamm möglichst wirtschaftlich zu verwerten, und mechanische Hebe- und Transportvorrichtungen verwendet, die das Sägeholz von einem Arbeitsgang zum nächsten befördern. Doch trotz der modernen Technologie sind noch immer Erfahrung und Urteilsvermögen des Sägewerkers in jeder Phase der Holzbearbeitung entscheidend für die optimale Nutzung der Stämme.

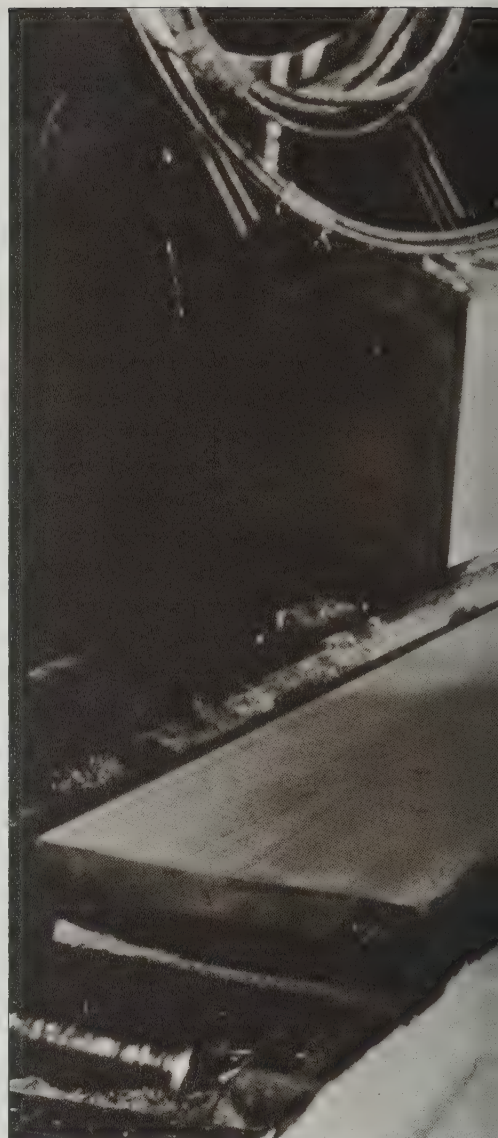
Wenn das Langholz auf dem Lagerplatz der Sägemühle eintrifft, wird es erst entrindet, ehe es ins eigentliche Werk gelangt. Dort durchläuft es zunächst eine elektronische Vermeßungsanlage, auf der es zugleich von Kontrollgeräten überprüft wird; der mit diesen Geräten verbundene Computer gibt Auskunft über die beste Verwendung des Stammes und die Abschnittslängen, in die er zerlegt werden soll. Der Operator ist jedoch imstande, diese Angaben zu korrigieren, falls er Mängel wie Krümmungen und Astansätze bemerkt, die vom Computer nicht erfasst wurden, weil sie womöglich nicht im Programm enthalten waren.

In dieser nächsten Stufe wird das Holz zu den Sägen befördert und dort in Abschnitte zerlegt, deren Länge für die Bearbeitung zweckmäßig ist. In einem modernen, diversifizierten Werk können bestimmte Stämme an die Sperrholzabteilung weitergeleitet werden (siehe Seiten 172/173). Dickses Rohholz wird vielleicht zur Blockbandsäge befördert, während dünnere Stammabschnitte zu kleineren Band- oder Gattersägen gelangen. Nachdem das Holz Band- und Besümsäge durchlaufen hat, werden die Bretter nach Größe sortiert, abgehängt und in Trockenräumen gelagert. Das Holz wird dann auf Normmaße gehobelt, nach Qualität geordnet, gebunden und für den Transport zum Abnehmer verpackt.

Die meisten dieser Vorgänge geschehen automatisch; die dicken, auf der Blockbandsäge zerlegten Stämme erfordern indes die Hand eines äußerst geschickten und erfahrenen Sägewerkers.

Auf der Blockbandsäge wird das Holz an einem Wagen befestigt, der, sich hin- und herbewegend, das senkrechte Sägeblatt passiert, so daß das Blatt durch den Stamm hindurchgeführt wird. Der Sägewerker sitzt in einem Kontrollraum oberhalb des Holzblocks, während sein Assistent die abgeschnittenen Bretter nach jedem Wagendurchgang weiterleitet. Beim ersten Schnitt wird die Schwarte entfernt, bei den folgenden Durchgängen schneidet das Sägeblatt Bretter der meist astreinen Stammaußenschicht ein.

Nach dieser ersten Reihe von Schnitten dreht der Sägewerker den Block um 180 Grad und schneidet eine weitere Anzahl hochwertiger Bretter ein. Die beiden übrigen Blockseiten werden auf dieselbe Weise bearbeitet, bis nur noch der Kern übrigbleibt, bei dem Astlöcher oder Risse eher vorkommen; dieser Teil wird für schwere Bohlen, Balken oder Kanthölzer verwendet. Nach jedem Durchgang vermißt ein elektronisches Instrument den Durchmesser des Blocks auf der gesamten Länge und stellt den Verjüngungswinkel fest. Ein Computer analysiert die Information und schlägt eine Anzahl zweckmäßiger Schnittmöglichkeiten vor. Der Sägewerker benützt diese Angaben als Richtlinie, entscheidet aber, je nach der Holzqualität, die bei jedem Einschnitt sichtbar wird, selbst über das weitere Vorgehen. Drei Methoden der Zerlegung eines Stammes sind rechts dargestellt. Das auf der Blockbandsäge zerlegte Holz wird im Nachschnitt zu kleineren Größen zersägt, getrocknet, gehobelt, nach Qualität sortiert und für den Transport vorbereitet.



Oben Langholz wird per Lastkraftwagen zum Lagerplatz des Sägewerks geführt. Kräne mit Greifern heben gleichzeitig

mehrere Stämme, und ein riesiger Kran stapelt das Holz, ehe es dann ins Werk gelangt.

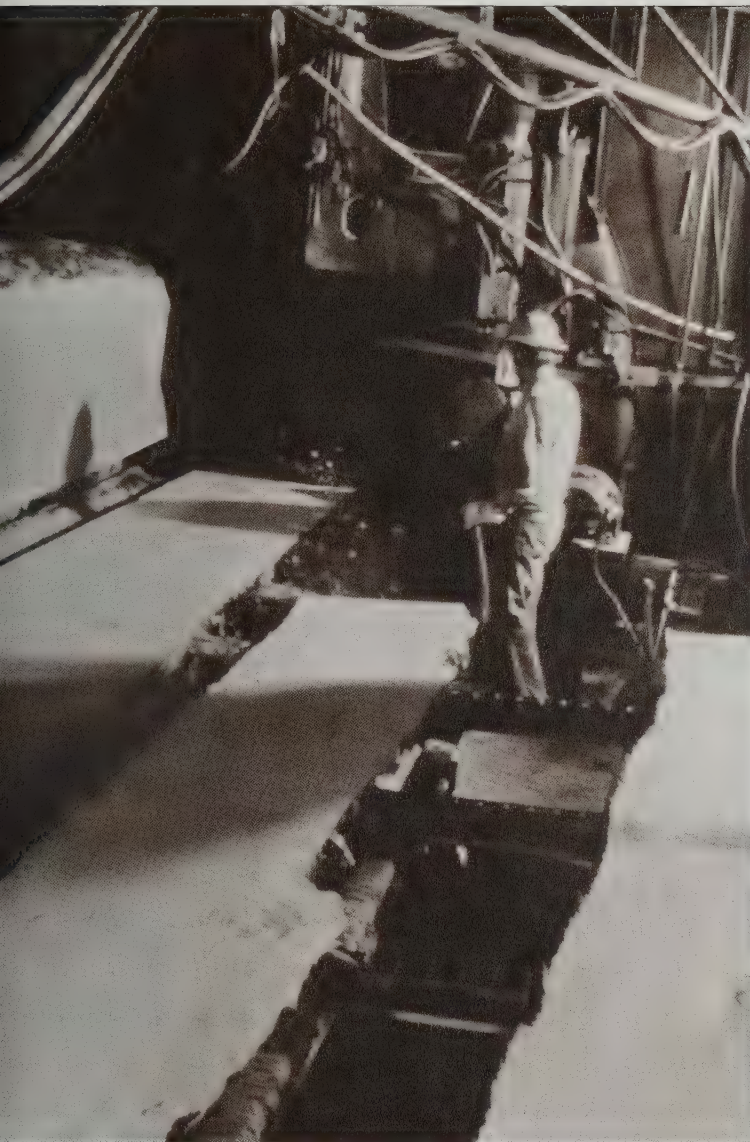


Oben Vor der Aufarbeitung wird das Holz einer elektronischen Prüfung und Messung unterzogen; der Operator be-

stimmt die optimale Abschnittslänge. Dann werden die Stämme von Kreisägen in Abschnitte zerlegt.



Unten Die Blockbandsäge schneidet einen Holzblock auf der zweiten Seite ein. Der Assistent des Sägewerks rückt die Bretter mit einem Ziehhaken zurecht und leitet sie zum Nachschnitt an ein Förderband weiter.



Oben In Bangladesch wird immer noch manuell gesägt, doch lösen jetzt Säge-

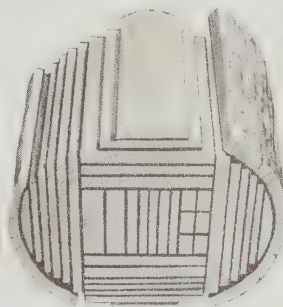
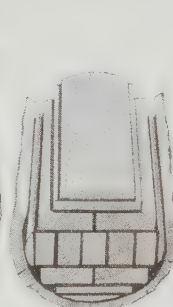
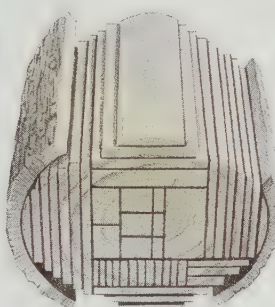
maschinen mit Dieselantrieb die Handarbeit ab. Vor der Mechanisierung

galt ein Arbeiter erst nach vielen Jahren als «Spitzenmann».

Modellschnitt

kleinformatisches Holz

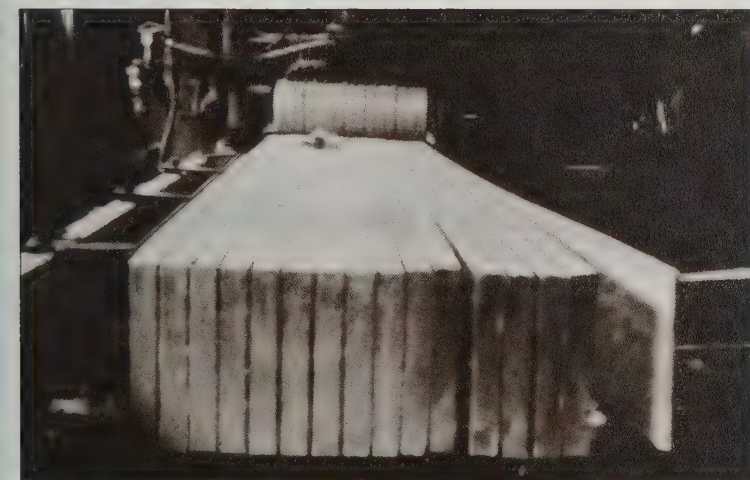
hochergiebiges Stämme



Der Sägewerker bearbeitet eine Seite des Stamms nach der anderen. Zuerst schneidet er die Unterseite an, die, nach Entfernung der Schwarte, sechs hochwertige Bretter erbringt. Von der rechten Seite schneidet er zwei Bretter und ein balkenförmiges Stück ab. Die dritte Seite wirft wieder mehr Bretter ab, während der letzte Teil zu einem balkenförmigen Holzstück geschnitten wird.

Manche Sägereien sind Spezialisten für die Bearbeitung kleiner Stämme, die von mehrblättrigen Band- oder Kreissägen mit einer einzigen Sägebewegung ihrer ganzen Länge nach zu 5 oder 10 cm breiten Stücken von Standardbreite geschnitten werden. Diese zersägt man dann zu 5 x 5,5 x 10 und 5 x 15 cm großen Kanthölzern. Die ersten Einschnitte erbringen manchmal erstklassige Bretter.

Der Sägewerker schneidet den Holzblock auf der Oberseite an und erzielt eine Anzahl hochwertiger Bretter. Dann dreht er den Block um 180 Grad und wiederholt den Vorgang. Dieser Block hatte sehr wenig Äste und Risse, was, im Vergleich zum Gesamtgewicht, einen ungewöhnlich hohen Anteil erstklassigen Holzes ergab.



Oben Eine auf der Blockbandsäge geschnittene Bohle beim Durchlauf durch eine Vielband-Nachschnittsäge. Als

nächstes werden die Bretter abgelängt und nach Größe sortiert, ehe sie zur Lagerung in den Trockenraum gelangen.



Oben Gehobeltes und getrocknetes Holz wird automatisch durch ein Falltürsystem im Produkte-Förderband nach Qualität

sortiert. Danach wird es mit Stahlreifen zusammengebunden und für den Transport per Straße oder Schiene verpackt.



# Sperr-, Span- und Faserplatten

Seit Jahrtausenden schon wird Holz in massiver Form für eine Vielzahl von Bau- und Schmuckzwecken verwendet. Doch mit den wachsenden Möglichkeiten industrieller Fertigung im anbrechenden 20. Jahrhundert kam die Idee auf, Massivholz so umzuwandeln, daß ein neuer, anpassungsfähigerer Werkstoff in Plattenform entstand. Das erste industriell hergestellte Plattenprodukt war die Furnierplatte, häufig einfach Sperrholz oder Sperrplatte genannt.

Bei der Sperrholzproduktion werden mit der — seit dem Altertum bekannten — Technik des Messerns oder Schälens von Holz dünne Blätter erzeugt, die man «absperrend» zusammenfügt, d.h. mit kreuzweise angeordneter Faserrichtung beiderseits auf eine Mittellage aufleimt. Das Ergebnis ist eine recht stabile Platte, die sich, gemessen an ihrem Gewicht, durch eine sehr hohe Festigkeit auszeichnet. Heute werden die meisten Sperrhölzer mit Leimen hergestellt, die beständig gegen direkte Verwitterung und womöglich dauerhafter sind als die Furniere selbst. Der Anwendungsbereich von Furnierplatten, die sowohl aus Weich- wie aus Hartholz gefertigt werden, reicht vom Flugzeugbau bis zur Verpackungsindustrie; im Bauwesen werden sie auch als Sperrholzformteile verwendet.

Die Tischlerplatte ist eine Variante des Sperrholzes: Sie besteht aus einer Mittellage plattenförmig verbundener Leisten, die mit einem Absperndeck- und -unterfurnier verleimt sind. Zwei Formen der Tischlerplatte sind Stab- und Stäbchenplatte, die in der handwerklichen und industriellen Möbelherstellung verwendet werden.

Das zweitälteste Mitglied der Holzwerkstoff-Familie ist die Faserplatte, bei der das Holz auf radikalere Weise «umgewandelt»

wird als beim Sperrholz: Ehe durch Heißverpressen die fertige Platte entsteht, werden die Holzfasern entweder unter hohem Dampfdruck auseinander gesprengt oder Späne zu Fasern zermahlen. Früher gab es zwei Arten der Faserplatte: dichte Hartplatten und dickere, weniger dichte Isolier- oder Dämmplatten. In den letzten zehn Jahren hat, vor allem in der Möbelherstellung, eine neue Form stark an Boden gewonnen: die mitteldichte Faserplatte. Ihr Vorzug ist ein sauberer Kantenschliff, der dank der Dichte des Materials erreicht wird.

Die Struktur der Spanplatte liegt in der Mitte zwischen Sperr- und Faserplatte, da das Rohholz zu Spänen zerschnitten oder «zerspannt» wird; für die Deckschicht benutzt man dünne, für die Mittelschicht dickere Späne. Die Spanplatte hat sich hauptsächlich bei der Möbelindustrie durchgesetzt; außerdem wird sie in großen Mengen im Leichtbau benutzt, vor allem für Fußböden. Eine besondere Form ist die Waffelplatte, die sich, da aus größeren Spänen hergestellt als die Spanplatte, offenbar durch besondere Festigkeit auszeichnet und für Bauzwecke mit dem Sperrholz konkurriert.

Da Holz einer der wenigen Rohstoffe ist, die sich ständig erneuern, und außerdem in vielen Teilen der Erde rasch erzeugt werden kann, haben die Holzwerkstoffe eine große Zukunft. Favorit ist die Spanplatte, aber auch für Waffel- und mitteldichte Faserplatte stehen die Chancen nicht schlecht: Diese drei Plattenarten bestehen aus minderwertigem Roh- oder Abfallholz und können deshalb auch in holzarmen Ländern produziert werden. Für die Fertigung von Sperrholz dagegen sind Stämme nötig, die groß genug zum Messern oder Schälens sind.

Unten Sperrholz spielt heute im Wohnbau eine wichtige Rolle, da sich die Platten in Größen herstellen lassen, die in Massivholz gewöhnlich nicht erhältlich sind und so auch mit weniger Aufwand verlegt werden können.



Unten Die Stämme werden abgelängt, entrindet und zum Erweichen in

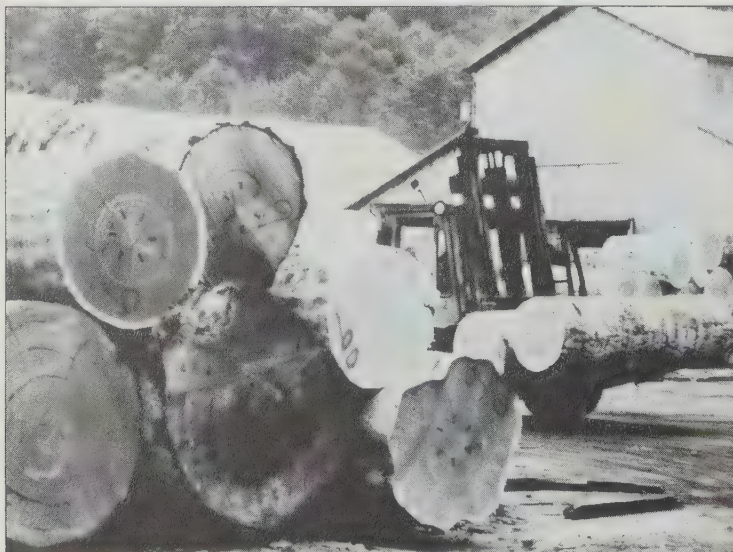
Dampfbäder gebracht, ehe man sie auf Drehbänken schält. Zur Herstellung

der Furniere wird sowohl Weich- wie Hartholz gebraucht.

Unten Ein Rundholz wird geschält. Der zurückbleibende Kern dient als Pfahl.

Unten Die Furnierblätter werden auf Normgröße geschnitten und sortiert.

Unten Nach dem Leimauftrag werden die Furniere zu Platten aufeinander

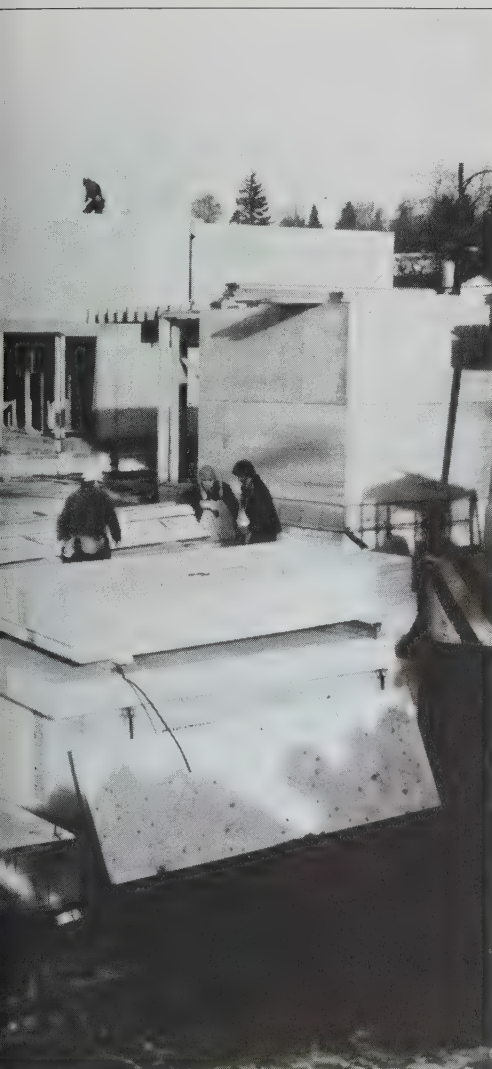




# WELTPRODUKTION: HOLZWERKSTOFFE

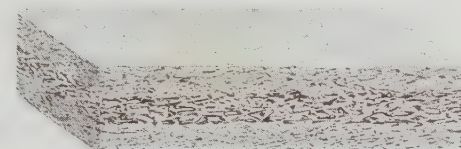
Zur Herstellung von Holzwerkstoffen müssen drei Voraussetzungen erfüllt sein: Verfügbarkeit des nötigen Rohstoffs, der erforderlichen Technologie und der Arbeitskräfte. Neuseeland zum Beispiel

exportiert Holz zur Faserherstellung nach Japan und kauft es als fertiges Produkt wieder ein. In Afrika werden so gut wie keine Holzwerkstoffe produziert, weil es an Maschinen fehlt.



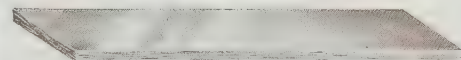
## HOLZSPANPLATTEN

Bei der Spanplattenanfertigung wird das Holz mit schneidenden oder schlagenden Spanern gleichmäßig zerkleinert. Die Späne werden getrocknet und auf ihre Größe überprüft. Wichtig bei dieser Plattenart ist das Verhältnis der Span- zur Harzleimmenge: Ihren Weg zum Mischraum legen die Späne auf einer Förderbandwaage zurück, deren Signale die Tätigkeit der Leimpumpe steuern. Die Späne werden von einem Rührwerk mit feinen, von einer Spritzpistole mit hoher Geschwindigkeit versprühten Harztropfen vermischt und danach zu einem Vlies ausgebreitet. Nach leichtem Vorpressen gelangt das Spänevlies auf die Hauptpresse; die Verbindung von Hitze und Druckhöhe bestimmt die Art der fertigen Platten.



## HOLZFASERPLATTEN

Bei der Faserplattenherstellung wird das Holz von starken Hackmessern zu Spänen von etwa 2,5 Zentimetern Länge zerkleinert; bei zu großen Spänen wird dieser Arbeitsgang wiederholt. Danach werden die Späne entweder durch heiße Feuchtigkeit erweicht, von einer Hackmaschine weiter zerkleinert und dann zwischen zwei groben Mahlscheiben – Defibratoren – zerfasert, oder sie werden unter hohem Dampfdruck zu Fasern «zersprengt». Das erweichte Lignin der Fasern bewirkt, daß sie sich zu Vliesen verfilzen; diese Vliese werden zu gleichmäßigen Stücken zerschnitten, die, je nachdem, ob es sich um Weich- oder Hartholz handelt, in Trocknungsöfen oder auf Heißpressen zu fertigen Platten verarbeitet werden.



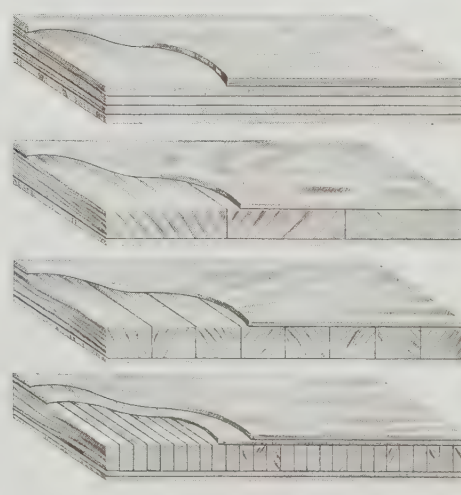
## DIE SPERRHOLZ-FAMILIE

Der Name Sperrholz umfaßt diverse Plattenformen, die in vielerlei Bereichen angewendet werden – vom Bauwesen bis zur Möbeldindustrie. Furnierplatten entstehen aus Holzblättern, die so aufeinander geleimt werden, daß ihre Faserrichtung um 90 Grad gegeneinander verschoben ist. Dadurch wird die Festigkeit in den verschiedenen Richtungen gleichmäßig verteilt und Rißbildungen verhindert. Diese regelmäßige Struktur des Werkstoffs und die Möglichkeit, ihn mit Schutzmitteln zu behandeln, sind der Grund für die große Beliebtheit dieses Materials.

Sperrholz besteht aus 3, 5 oder mehr ungeraden Lagen beleimter Furniere, deren Faserrichtung jeweils 90 Grad versetzt sind. Die Tischlerplatte ist ein Sperrholz, das aus einer Mittellage aneinandergesetzter Holzleisten und mindestens einer Absperrfurnierlage auf jeder Seite besteht.

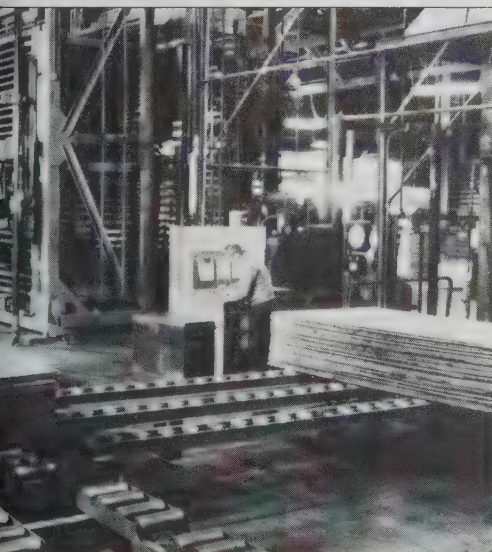
Die Stabplatte ist eine Form der Tischlerplatte, deren Massivholz-Mittellage aus schmaleren Leisten besteht als die Mittelschicht der Tischlerplatte.

Eine weitere Version der Tischlerplatte ist die Stäbchenplatte.



dergelegt und zum Verleimen in Heißpressen behandelt. Die verleimten

Platten werden besäumt und geschliffen, nach Qualität sortiert und verpackt.





# Furniere

Bereits im alten Ägypten war die Furnierherstellung ein alteingesessenes Kunsthandwerk. Dünne Blätter aus kostbarem Holz, die man auf gewöhnliches Holz aufleimt, waren schon seit zwei Jahrtausenden benutzt worden, um Möbel für die Pharaonen zu fertigen: Der Thron, den man im Grab Tutenchamuns fand, besteht aus Zedernholz, das mit Ebenholz und eingelegtem Elfenbein überzogen ist. Die alten Griechen gebrauchten Nuß- und Ölbaumholz zur Gewinnung von Furnieren, und von Griechenland aus verbreitete sich dieses Handwerk über ganz Europa.

Im Mittelalter geriet die Furniertechnik in Vergessenheit, wurde aber in der Renaissance neu belebt und erreichte ihren Höhepunkt während des Barockzeitalters in Frankreich. In dieser Epoche kümmerten sich die Handwerker, die Furniere fertigten, weder um Herstellungskosten noch um das Gewicht einzelner Blätter, da sie meist für einen Mäzen arbeiteten. Jahrhundertlang waren furnierte Objekte der kostbare Besitz weniger Privilegierter.

Doch zu Beginn des 20. Jahrhunderts bewirkte das Steigen des Lebensstandards eine wachsende Nachfrage nach furnierten Möbeln für den allgemeinen Gebrauch. Furniere erhielten, zusammen mit Sperrholz und Spanplatte, einen wichtigen Platz in der Möbelherstellung.

Heute ist die Furnierindustrie weltweit verbreitet. Zwar nimmt sie, gesamtwirtschaftlich gesehen, einen unbedeutenden Rang ein, beschäftigt aber dennoch überall auf der Erde Experten, die Bäume auswählen, kaufen und fällen, deren Holz für Furniere brauchbar ist. Die geschickte Auswahl ist wesentlich, denn ungeachtet der Baumart ist das Verhältnis der geeigneten zu den verfügbaren Bäumen sehr gering.

Es gibt zwei Methoden der Furnierherstellung: das Schälén von Stämmen mit Furnierschälmaschinen nach dem Prinzip der Drehbank (Schälfurnier) und das Schneiden von Holzblöcken mit der Messermaschine (Messerfurnier). Für Bauzwecke verwendete Furniere wie Sperrholz werden stets geschält, während für dekorative Furniere nur selten die Drehbank benützt wird: Über 95 Prozent der Furniere, die für Möbel und Innenausbau bestimmt sind, werden gemessert.

Die Musterung eines Furniers hängt weitgehend davon ab, in welcher Richtung das Rohholz angeschnitten wird. Es sind vor allem die Jahrringe des Baums, die das dekorative Holzbild eines Furniers erzeugen; das Werk muß daher vor dem Schnitt entscheiden, wie das Rohholz zugerichtet werden soll. Will man durch einen «Fladerschnitt» die Jahrringe zur Geltung bringen, wird der Stamm entrindet, in Abschnitte zerteilt und als Rundholz im tangentialen Längsschnitt gemessert. Soll der senkrechte Faserlauf hervorgehoben werden, so wird das Rundholz in vier Teile – «Flitches» – zersägt und jedes Viertel einzeln radial gemessert, so daß die streifige Textur gewahrt bleibt. Die Furniermuster hängen auch von dem Baumteil ab, aus dem das Holz stammt.

Nach dem Messern oder Schälén wird jedes Furnierblatt sorgfältig auf das zuvor geschnittene gelegt, so daß die Blätter am Schluß so gestapelt sind, daß der ursprüngliche Stamm wieder entsteht. Möbelfabriken oder Tischler kaufen Furniere stapelweise gebündelt ein, damit sie die Blätter beim Aufleimen auf die Unterlage genau aufeinander abstimmen können.

Furnierte Möbel werden gewöhnlich für weniger wertvoll gehalten als Produkte aus massivem Holz. Doch das Gegenteil trifft zu:

## WELTERZEUGUNG UND HANDEL VON FURNIERBLÄTTERN 1977

Unten Die Bundesrepublik Deutschland verfügt über die weltgrößte Furnierindustrie, gefolgt von Japan, Italien und den USA. Der Großteil der

Furniere wird aus Importholz hergestellt. Neuerdings werden Furnierwerke in der Nähe der Hauptstandorte geeigneter Baumbestände errichtet.

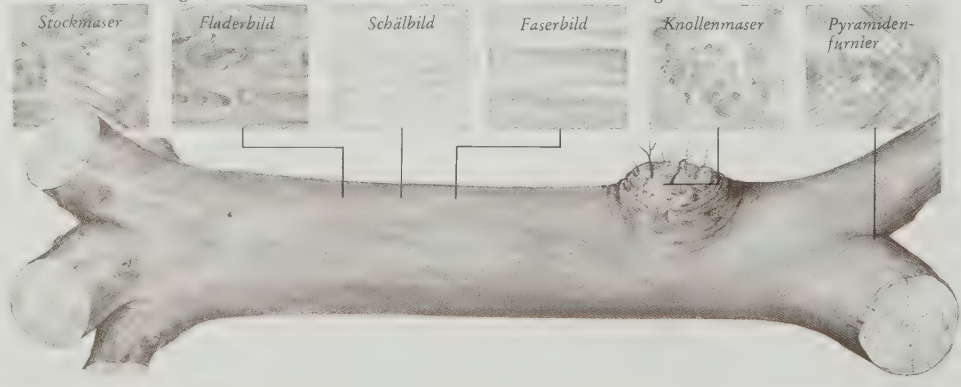


Da Massivholz die Tendenz hat, seinen Feuchtigkeitsgehalt dem der umgebenden Luft anzugleichen, quillt und schrumpft es leicht; dabei verzieht es sich, und so können Risse entstehen. Eine hochwertige furnierte Spanplatte hingegen wirft sich nicht und ist heute das beste Ausgangsmaterial für Möbel jeglicher Art. Der Gebrauch von furnierten Spanplatten hat, im Vergleich zu Massivholz, drei weitere Vorteile. Erstens lassen sich aus diesem Werkstoff leichtere und dennoch nicht weniger stabile Möbel fertigen. Zweitens kann das Holz wertvoller Stämme, nach den neuesten Verfahren zu Furnieren zerlegt, weit besser genutzt werden, denn ein 2,5 Zentimeter dickes Brett ergibt fünfzig

### AUSWAHL DES HOLZES

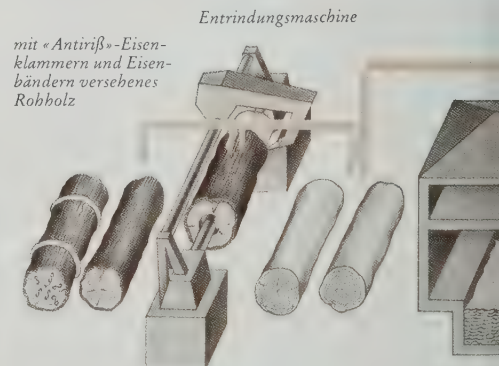
Das Holzbild, die natürliche Zeichnung eines Furniers, hängt vom Baumteil ab, aus dem das Holz stammt, von Anschnittart und -richtung sowie dem ehemaligen Standort des Baumes. Flader-, Rundschäl- oder Spiegelschnittbilder werden gewöhnlich aus dem Stammholz gewonnen. Man kann aber

auch Furniere aus Maserkröpfen oder -knollen fertigen, die sich durch ein apertes Knotenmuster auszeichnen und gewöhnlich gemessert werden; ein Kräuselmuster tritt im zerlegten Holz von Astgabeln auf, und eine Zeichnung entsteht auf Blättern, die aus Wurzelstöcken geschnitten werden.



Frisch im Werk eintreffendes Rohholz wird für das exzentrische Schälén vorbereitet. Sobald die Stämme geschlagen sind, verlieren sie Feuchtigkeit. Ließe man sie ungeschützt,

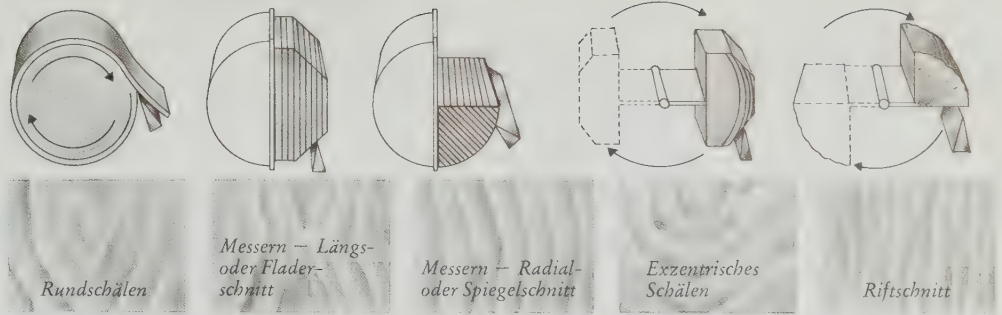
so würden sich auf dem Transport zum Werk Risse bilden. Deshalb werden die Schnittstellen der Stämme mit Farbe behandelt oder die Rundhölzer durch Eisenklammern oder







## FURNIER-SCHNITTVERFAHREN



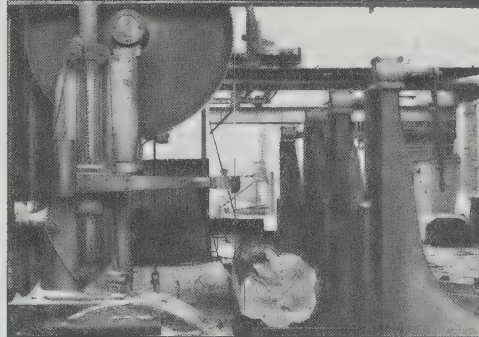
Aus dem zentrisch auf die Drehbank eingespannten Stamm entsteht ein laufendes Furnierband.

Beim Messern eines ganzen oder halben Stamms parallel zur Stammrichtung treten die Jahrringe hervor.

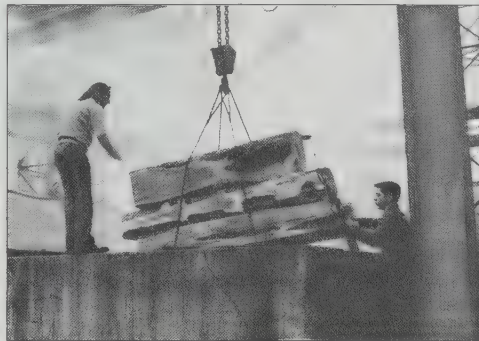
Auf den Blättern erscheint ein Kamm-muster, wenn man die Markstrahlen im Eichenholz parallel anschneidet.

Durch Schälen eines exzentrisch eingespannten Segmentes entsteht eine dem Messerfurnier ähnliche Zeichnung.

Ein Streifenmuster entsteht, wenn ein Viertelstamm parallel zum Jahrringverlauf geschält wird.



Oben Das Entfernen von Rinde und Unebenheiten mit einer Bandsäge ist eine mögliche Methode der Holzvorbereitung. Nach der Zurichtung wird das Holz gedämpft (unten) und, in einem nächsten Arbeitsgang, gemessert oder geschält.



## FURNIERE UND MODE

Meister im Möbelbau des 18. Jahrhunderts wie Chippendale und Sheraton führten die Kunst des Einlegefurniers (Marketerie) zur Vollendung. Dieser Kartentisch aus Mahagoni — er stammt aus der Zeit Georgs III. — ist mit einem Band aus Satinholz eingefasst, in das Streifen von Rosenholz eingesetzt sind. Diese Hölzer stehen heute nicht besonders hoch im Kurs, aber die Nachfrage nach Furnieren richtete sich stets nach dem jeweiligen Markttrend. Nach dem Zweiten Weltkrieg waren streifiges Sapelli, Eiche im Spiegelschnitt und Nußbaum-Maserfurnier Marktreiter. In jüngerer Zeit sind Burma-Teak, amerikanische Schwarznuß und Kirschbaum sehr gefragt, da sie dem modernen Geschmack entsprechen.



dekorative Furnierblätter. Drittens fällt bei Furnieren, die mit modernem, die Holzporen teilweise füllendem Leim aufgeklebt wurden, die aufwendige Arbeit des Polierens von Hand weg.

Trotz moderner Herstellungsmethoden ist das Furnieren von Deckblättern nach wie vor ein Kunsthandwerk und daher vom Aussterben bedroht. Heute werden in großem Umfang Furnierimitationen wie gemaserte Papiertapeten und Kunststoffplatten gebraucht. Sie rufen einen «Holzeffekt» hervor, sind weit leichter zu verarbeiten als Furniere und machen den gesamten Prozeß der Oberflächenbehandlung weitgehend überflüssig.

-bänder geschützt. Dieser Reißschutz wird im Werk entfernt, das Holz dann entrindet und zurechtgeschnitten. Als nächstes dampft man es, um seine Schneidbarkeit zu er-

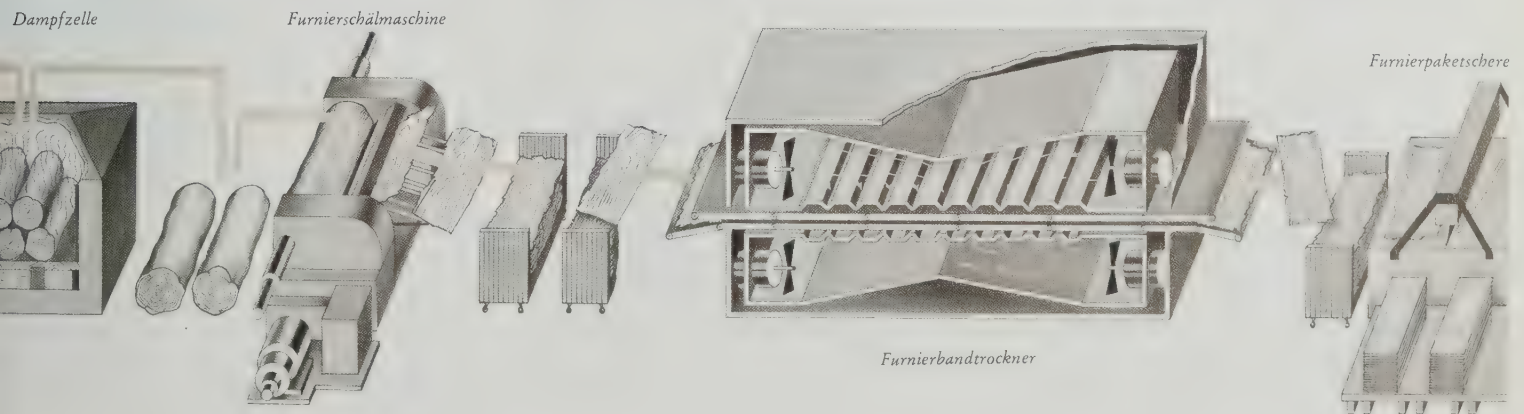
höhen. Weiße Holzsorten müssen möglichst bald nach dem Einschlag verarbeitet werden, damit sie weder Saft, Harz noch natürliche Feuchtigkeit verlieren. Nach dem

Dämpfen spannt man den Stamm oder Stammteil exzentrisch auf der Furnierschälmaschine ein und drückt ihn rotierend gegen ein schweres Messer. Bei jedem Maschinenumlauf

wird ein dünnes Furnierblatt abgeschält; dann verstellt sich das Messer automatisch, damit seine Stellung dem verminderten Stammumfang entspricht. Die abgeschälten Blätter

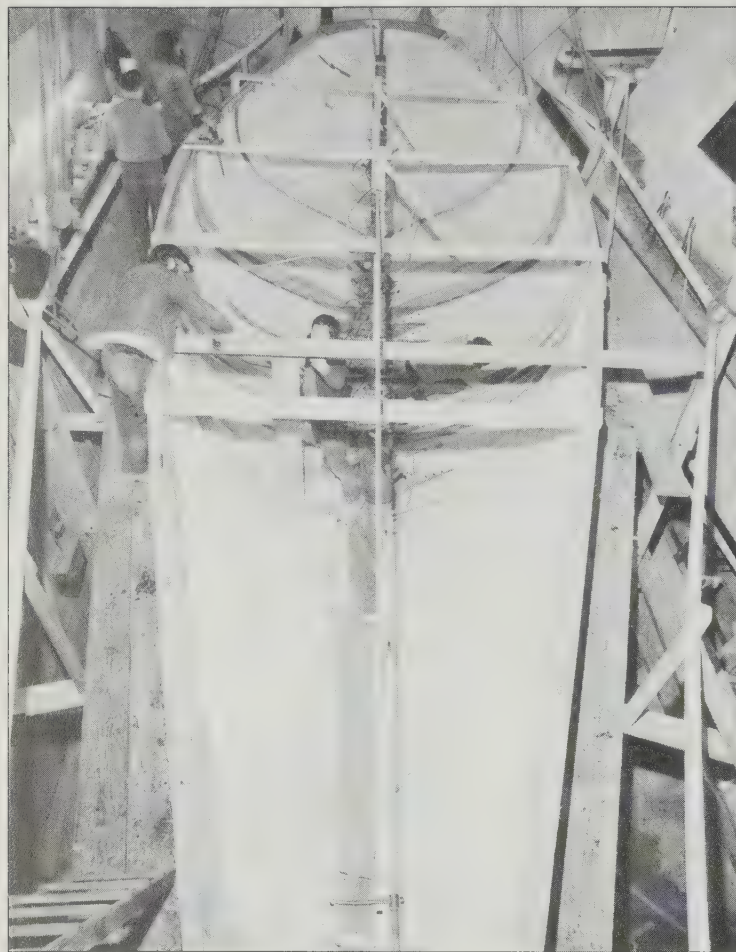
laufen über ein Trocknungsband und werden dann auf ihren Wassergehalt geprüft; sie müssen einen bestimmten, von Holzart zu Holzart verschiedenen Grad an Feuch-

tigkeit bewahren. Zuletzt werden die Kanten der Blätter beschnitten und die Furniere so gebündelt, daß in etwa wieder die ursprüngliche Stammform entsteht.





# Holz für besondere Zwecke



Unter den Hunderten von Baumarten gibt es viele, deren Holz spezifische, für die verschiedensten Zwecke nutzbare Eigenschaften besitzt. Auf der gesamten Nordhalbkugel ist von jeher Eiche eines der wichtigsten Schiffbauhölzer gewesen (siehe Seiten 34/35). Für Bootsplanken ist Teak sehr gefragt, aber auch Lärche, verschiedene Mahagoniarten, westafrikanisches Agbahlolz, südamerikanische Zeder und diverse fäulnisresistente Hölzer mit leichtem Gewicht werden häufig für diesen Zweck benutzt, meist in massiver, für Rennboote auch in Sperrholzform.

Gewöhnlich läßt sich für ein bestimmtes Produkt mehr als eine Holzart verwenden; Hersteller von Sportartikeln indes haben bis heute keinen brauchbaren Ersatz für das Holz der «Kricketschlägerweide» gefunden, einer Varietät der Weißweide, *Salix alba* var. *caerulea*, die so viel Festigkeit und Elastizität besitzt, wie man sie sonst nur bei weit schwereren Hölzern antrifft. Zum Glück ist dieser Baum so wuchsfreudig, daß man die Holzlager laufend auffüllen kann. Für Tennisschläger und Hockeystöcke ist nach wie vor Eschenholz Favorit, da es bruchfest und biegsam ist und einen geraden Faserverlauf besitzt, obwohl Weißer Maulbeerbaum,

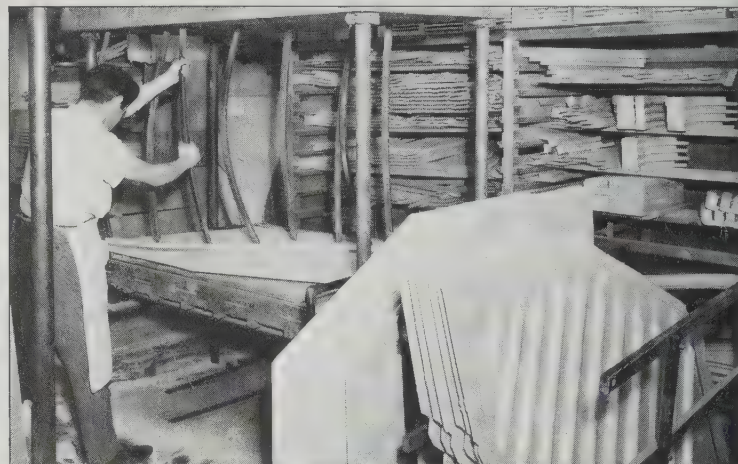
*Morus alba*, zu einem beliebten Ersatzmaterial für Hockeystöcke geworden ist.

Auch die Herstellung von Musikinstrumenten erfordert Hölzer mit ganz bestimmten Qualitäten. Aber nicht für alle Instrumente sind dieselben Eigenschaften notwendig. Die Oberseite eines Geigenschallkörpers stellt dieselben Ansprüche an das Material wie ein Klavierresonanzboden: Es muß leicht und in hohem Maße elastisch sein, damit es den Schallkörper zum Schwingen bringt und den Saiten Klangfülle verleiht. Für diese Instrumente eignet sich Fichte oder ähnlich beschaffenes Holz am besten.

Der Resonanzboden einer Orgel braucht nicht zu beben, muß aber widerstandsfähig gegen Quellen, Schrumpfen und Rißbildung bei schwankenden Witterungsbedingungen sein, da solche Mängel den Luftstrom zu den Pfeifen behindern. Eines der zuverlässigsten Hölzer für den Orgelbau ist westafrikanisches Abachi-Holz oder Samba. Die Tasten von Xylophonen und lateinamerikanischen Marimbas erfordern Holz von höchst ungewöhnlicher Beschaffenheit: Beim Anschlag der Tasten muß das Holz selbst einen klingenden, musikalischen Ton hervorbringen. Einige wenige Hölzer mit hoher Dichte be-

Unten Beim Klavier werden das Balkengefüge des Resonanzbodens und der Resonanzboden selbst aus Fichte hergestellt — ein leichtes Holz mit genügend Biegsamkeit, um den Saiten Klangfülle zu geben. Die Tasten bestehen in der

Regel aus Lindenholz. Der Waagebalken wird aus feinfaserigem nordamerikanischem Bergahorn hergestellt, während man für die Hammerköpfe strapazierfähiges Hainbuchen-, Sapelli- oder Mahagoniholz benutzt.



Rechts Fässer, die für hochwertige Sherry- und Whiskysorten bestimmt sind, stellt man nur aus Eiche her. Für Whiskyfässer wird amerikanische Weißweide bevorzugt, die absolut astfrei sein muß. Die Faßdauben werden von Hand gespalten und müssen lagern, ehe das Faß gefertigt werden kann. Hölzerne Wein- und Biertonnen werden aus verschiedenen Holzarten hergestellt, darunter Stieleiche.

Links Zwei Lagen westafrikanischen Abachiholzes, zwischen dünne Schichten von Echtem Mahagoni geklemmt, ergeben einen robusten, leichten und fäulnisresistenten Jachtrumpf. Diese Verbindung spezifischer Eigenschaften, die sich mit Kunststoffen nur schwer verwirklichen läßt, ist wesentlich für kleine Hochseeschiffe. Neuerdings werden, als Ersatz für die herkömmlichen Schiffbauhölzer, mehrere Tropenharthölzer erfolgreich eingesetzt.



sitzen diese Eigenschaft; eine der besten und verbreitetsten Holzsorten für hochwertige Xylophone ist Palisander aus Honduras, *Dalbergia stevensonii*.

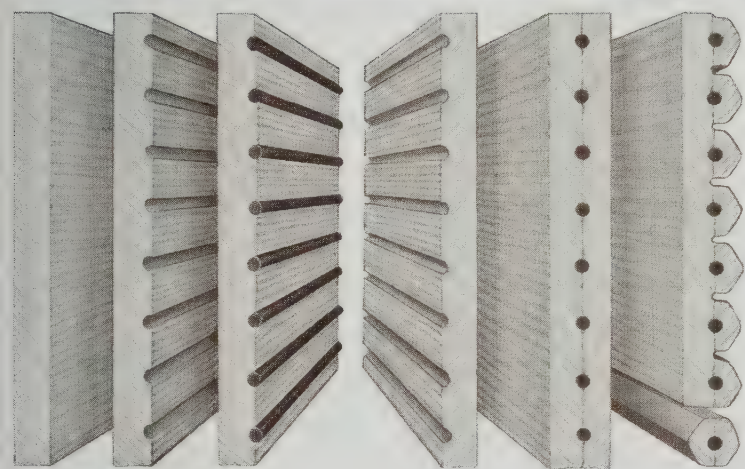
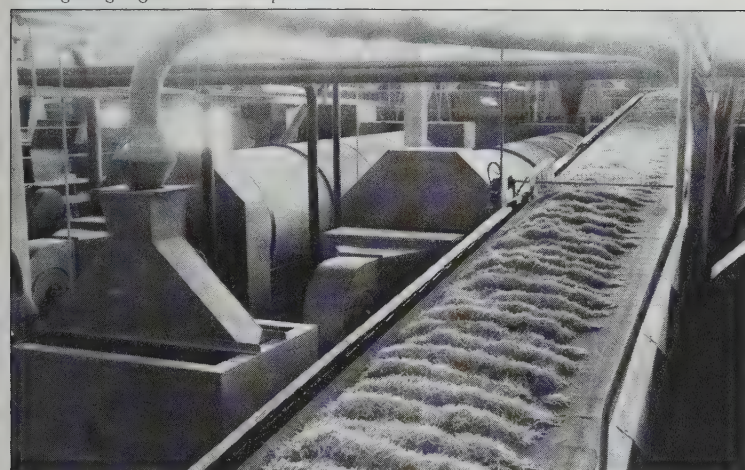
Die Auswahl von Holz, das alle für ein Erzeugnis nötigen Eigenschaften in sich vereint, ist ausschlaggebend für die Qualität des fertigen Produkts, und manchmal verursachen kleine, scheinbar unproblematische Gegenstände, wie es zum Beispiel Bleistifte sind, Schwierigkeiten bei der Holzwahl. Für Bleistifte werden zwei Wacholderarten, *Juniperus*, verwendet, die eine in Nordamerika, die andere in Ostafrika heimisch. Ihr weiches, glattfasriges Holz läßt sich so mühelos spitzen und eignet sich so hervorragend für diesen Zweck, daß man sie «Bleistiftzedern» nennt. Um den Herstellungsprozeß zu beschleunigen, wurden automatische Maschinen entwickelt, die auf den Verarbeitungseigenschaften der Bleistiftzedern beruhen.

Auch für die Streichholzproduktion ist die Holzwahl wichtig. Das Holz muß genau die Paraffinmenge aufnehmen und die Brenngeschwindigkeit haben, die für dieses Produkt erforderlich sind. Pappelholz entspricht diesen Erfordernissen; da aber Pappeln nur



Unten Streichhölzer ohne Zündköpfe gelangen über Förderbänder zu Trockenkammern, bevor sie in ein Paraffinbad und dann in die Zündkopfmasse getunkt werden. Für Zündhölzer ist Pappelholz vorzüglich geeignet.

Zuunterst Die in Nordamerika und Ostafrika heimischen «Bleistifzедern» liefern das beste Holz für die Bleistiftherstellung. Nach der Trocknung verzieht es sich nicht und ist außerdem glatt und leicht spitzbar.



in gemäßigten Breiten wachsen, müssen Tropenländer heimisches Holz finden, das sich auf den ursprünglich für Pappelholz bestimmten Maschinen verarbeiten läßt.

Hölzer mit besonderen Eigenschaften sind, trotz der steigenden Zahl von Kunststoffen, auch heute noch oft das geeignetste Industriematerial. Die chemische Industrie verwendet für bestimmte Säuren und Laugen nach wie vor Holzfässer, und auch Platten für Filterpressen werden aus Holz hergestellt. Die in der Industrie verwendeten Hölzer sind je nach Produkt verschieden, reichen aber von der Weichholz-Douglasie bis zu schweren, widerstandsfähigen Harthölzern wie Doussie, Green- und Purpleheart.

Holzfässer für den Transport von Flüssigkeiten sind immer noch weit verbreitet und haben sich seit den Anfängen der Küferei wenig verändert. Eiche ist der wichtigste Rohstoff für Holzfässer und das einzige Material, das für die Lagerung von Whisky, Sherry, manchen Rotweinen und Bier gebraucht wird. Da Eichenholz elastisch ist, läßt es sich gut zur bauchigen Faßform biegen; außerdem scheint sich die Lagerung von Whisky und Rotwein in Eichenfässern auf den Geschmack auszuwirken.

Oben Balsaholz, das leichteste Handelsholz, wurde von Indianern Süd- und Mittelamerikas lange Zeit zum Bauen von Kanus und Floßen gebraucht. Doch moderne Schiffsbauer haben ebenfalls eine Verwendung für dieses Holz gefunden. Damit die flüssige Fracht von Methan-



tankern kühl und beständig bleibt, sind große Mengen leichten Isoliermaterials erforderlich. Balsaholz, das dank seiner Zellstruktur eine stark isolierende Wirkung und ein geringes Gewicht hat, erwies sich als geeignetstes Material für diesen Zweck.



Links Die «Kricketschlägerweide» ist das einzige Holz, das für Kricketschlaghölzer brauchbar ist; es ist leicht, aber kräftig genug, um mit großer Wucht aufprallenden Schlägen standzuhalten.



Oben Nußbaum ist das beste Material für Gewehrschäfte. Es muß einen dichten, geradlinigen Faserverlauf haben, damit es beim Abfeuern des Gewehrs den Rückstoß aufnimmt, ohne sich zu spalten.



# Bauen mit Holz

Schon früh hat der Mensch die Vorzüge des Holzes als Baustoff erkannt: Stärke, gute Bearbeitungsfähigkeit mit primitiven Werkzeugen, Verfügbarkeit. Die Bienenkorb- oder Kuppelhütte war vermutlich vielerorts die erste Behausung und höchstwahrscheinlich die früheste Form des Holzskelettbaus: Der tragende Mittelpfosten, umgeben von kegelförmig zusammengefügt, mit Palmwedeln oder Schilf bedeckten Stangen, erinnert an Stamm und niederhängende Äste eines schützenden Baumes.

Schon bald nach Erfindung der Kuppelhütte benutzte man zusammengebundene, mit Schlamm beworfene Ruten als Deckmaterial, und diese Neuerung bewährte sich so gut, daß sie sich jahrhundertlang zu halten vermochte. Dieser ursprüngliche Holzgerippebau in Zeltform erhielt jedoch rasch ein anderes Gesicht, als Fortschritte in Werkzeugfertigung und Holzverbindungstechnik kompliziertere Konstruktionen erlaubten.

In Europa erkannte man früh die Eignung von Eichenholz als Baumaterial, da man es jeder Witterung aussetzen kann und nur die Zwischenräume zwischen Pfosten oder Stäben auszufüllen brauchte. Dazu benutzte man mit Lehm verputztes Flechtwerk, Schwemmsteine, Lehm mit Reisig und Mörtel oder die kleinen Ziegelsteine, die im 16. Jahrhundert eine beschränkte Bedeutung erlangt hatten.

Der Massivbacksteinbau setzte sich erst im 18. Jahrhundert durch, als geeignetes Bauholz immer knapper wurde. Doch die Ziegelsteine verdrängten das Holz nie ganz: Es wurde weiterhin für Dachtragwerke gebraucht, und noch heute ist für den Bau eines herkömmlichen europäischen Backsteinbaus eine halbe Tonne Holz nötig.

Während sich die Bauweise in Europa veränderte, schlugen die ersten Siedler Nordamerikas und Australiens Bäume, um das Land für den Ackerbau zu nutzen. Für sie war also Holz der naheliegende Baustoff; sie führten die Tradition des Holzbaustils fort und wandelten ihn ab, bis er in den letzten Jahren in moderner Form von Europa wiederaufgenommen wurde.

Heute benützt man für Traggerüste, Dächer und andere Bauzwecke Hölzer, die ebennmäßig gefasert, preisünstig und laufend in erforderlicher Größe vorhanden sind; oft setzt man sie je nach ihrer Tragfähigkeit ein, um Wirtschaftlichkeit mit größtmöglicher Sicherheit zu verbinden. In den europäischen Ländern und Nordasien werden die in den Wäldern heimischen Weichhölzer verwendet, insbesondere die Gemeine Kiefer, für hohe Bauten auch Hemlock und Douglasie. Hemlock- und Douglastanne sind, neben anderen einheimischen Nadelbaumarten, die Hauptbaumhölzer in Kanada und den Vereinigten Staaten, während in Australien, Chile, Neu-

Unten Für die mobilen Wohnstätten der Kirgisen Afghanistans eignet sich Holz nach wie vor am besten als Baumaterial. Die zeltartigen Jurten bestehen aus einem hölzernen Gittergerüst, das mit Filzdecken bespannt ist.



## HOLZVERKLEIDUNG

In Nordamerika sind Bretter zur Verschalung von Holzhäusern weit verbreitet, und Schindeln werden für Wände und Dächer als Deckmaterial gebraucht. In Europa hingen-

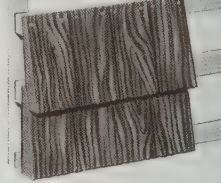
Schindelbretter werden maschinell oder mit dem



Holzhammer und dem Daubenmesser gespalten.

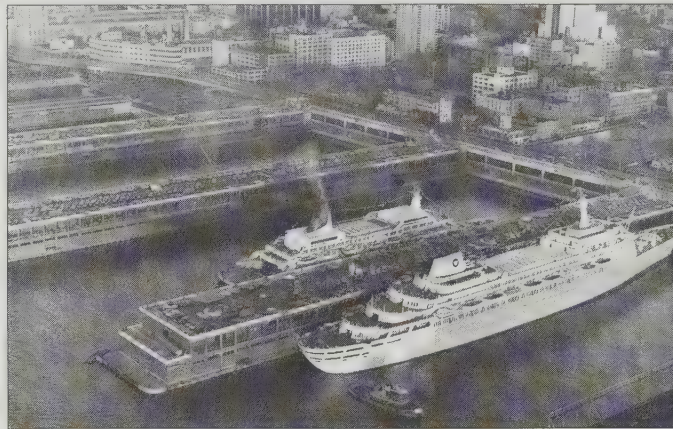


Für Schindeln wird das Holz quer zum Faserverlauf gesägt.

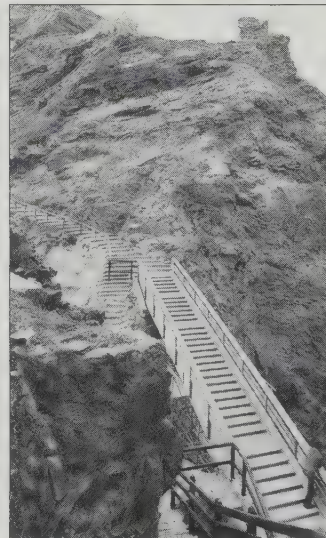


Sich überdeckende Schindeln ergeben eine absolut wasserdichte Verschalung.

## SCHWERE KONSTRUKTIONSHÖLZER



Obwohl für den Ingenieurbau andere geeignete Baustoffe zur Verfügung stehen, wird für Molen, Docks, Brücken und Minenschächte immer noch häufig Holz als Baumaterial benutzt. Solche statisch beanspruchten Hölzer müssen stark, dauerhaft und in großen Abmessungen erhältlich sein. Bestimmte Tropenhölzer wie Basralocus und Greenheart eignen sich ganz besonders für den Hafenbau, aber für diesen Zweck werden auch Holzarten aus gemäßigten Breiten verwendet: So bestehen die Pfeiler des kürzlich vollendeten Docks in Port Newark in New York aus imprägnierter Douglasie, während für die Fender widerstandsfähige Eiche benutzt wurde. Im Brückenbau wird eine Vielzahl fäulnisresistenter Hölzer verwendet. Die aus Irokoholzbrettern errichtete Fußgängerbrücke in Tintagel in Cornwall ist eine relativ leichte, aber elastische Konstruktion.



## DER HOLZRAHMEN

Die Bienenkorbbütte war vermutlich die erste Form des Holzskelettbaus. Dieses einfache Gerüst bestand aus einem aufrechten Mittelpfosten, der kegelförmig angeordnete Holzstangen trug. Es wurde später von einer im Grundriß rechteckigen «First»-Zeltkonstruktion abgelöst. Aus diesem Traggerüst, bei dem die Firststange von zwei umgekehrt V-förmigen Stangen gestützt wurde, entwickelte sich das mittelalterliche Fachwerkhäus. Später kamen zusätzliche horizontale Träger hinzu, und es entstand schließlich das Hängewerk: Diese Art des Dachtragwerks wird getrennt von den Wänden errichtet. Wegen des Mangels an geeignetem Holz kam es im 18. Jahrhundert in Europa zum Niedergang des Holzbaues, doch in Nordamerika, wo es große Mengen an Nadelholz gibt, wurde die Tradition weitergeführt. So entwickelten die Amerikaner das «Balloon framing», eine Form des Fachwerkbau, bei dem die Pfosten von der Schwelle bis zum oberen Rahmenholz durchgehen und die horizontalen Glieder an die Pfosten genagelt sind.



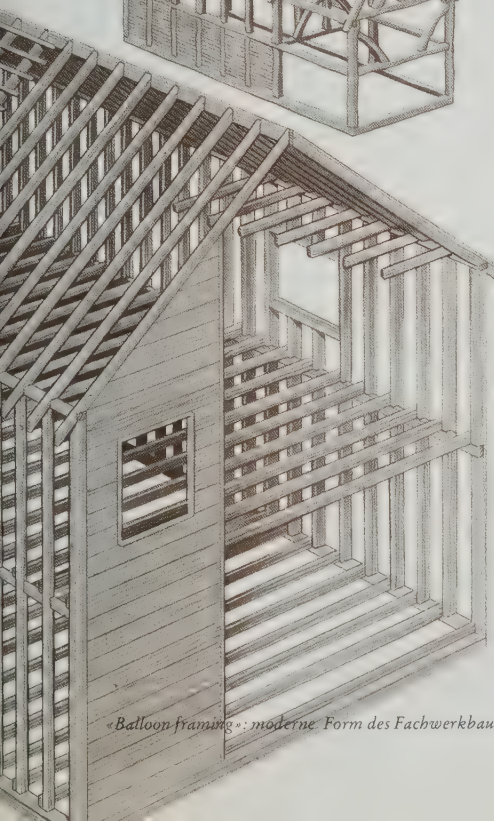
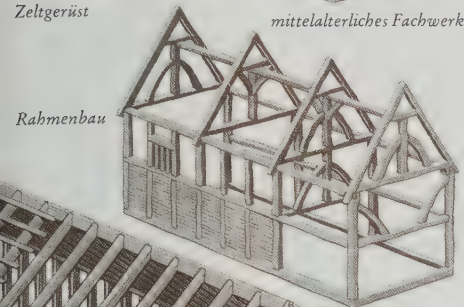
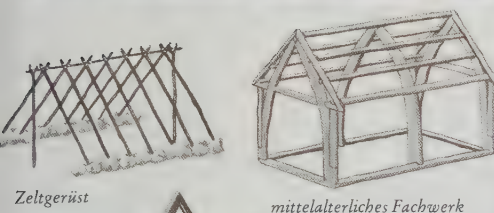
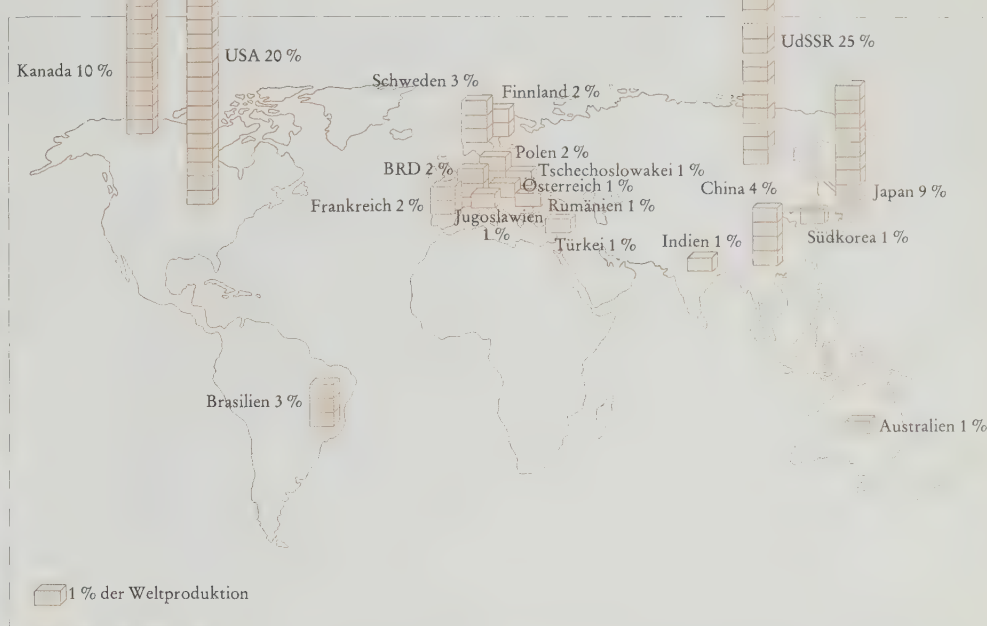
gen ging die Beliebtheit der Holzverschalung zurück, als die tragende Backsteinwandkonstruktion den Rahmenbau ablöste. Trotzdem gibt es in ganz Mittel- und Nordeuropa immer noch zahlreiche Beispiele holzver-

kleideter Häuser. Bekannt sind die Schindelkuppeln der Russisch-Karelischen Kirche aus dem 18. Jahrhundert (unten), die ganz aus Holz besteht; sie ist im traditionellen osteuropäischen Blockbaustil errichtet.



## WELTPRODUKTION VON SÄGEHOLZ

Der Großteil des für Bauzwecke bestimmten Holzes wird im Ursprungsland bearbeitet und gelangt als Sägeholz auf den Weltmarkt. Über 75 Prozent davon ist Weichholz aus den Nadelwäldern Nordamerikas, der UdSSR und Skandinaviens. Harthölzer werden hauptsächlich im Ingenieurbau in gemäßigten Zonen verwendet.



seeland und Südafrika *Pinus radiata* und diverse Arten von Eukalyptus die wichtigste Rolle im Bauwesen spielen.

Obwohl keineswegs billig, ist Teakholz in Indien, Burma und Thailand als Baustoff weit verbreitet, da es das Problem des Termitenbefalls löst, das sich in allen warmen, feuchten Regionen der Erde stellt. Termitenfeste Hölzer gibt es nur wenige: In Afrika sind es Iroko und Afrormosia, in Australien Karri. Dank moderner Bauweisen und Holzschutzmittel sind heute jedoch in Termitengebieten auch andere Hölzer verwendbar.

Holzbauteile, die mit dem Boden in Berührung kommen oder teilweise im Wasser stehen, müssen vor allem fäulnisresistent sein. Für Brückenjoche oder Schleusentore zum Beispiel sind entweder voll imprägnierte Konstruktionshölzer wie Fichte oder Harthölzer nötig, die von Natur aus so dauerhaft, dicht und fest sind wie die Spezialsorten

unter den Tropenhölzern. Greenheart aus Guayana und Surinam, Bilinga und Bongossi aus Westafrika, das sehr dichte Lauan verschiedener Arten aus Indonesien und Südostasien sowie Basralocus aus Guayana und Brasilien werden im Ingenieurbau sehr viel verwendet.

Bautischlerarbeiten werden je nach Land und Modeströmung in unterschiedlichem Material ausgeführt. Für die auf der ganzen Nordhalbkugel beliebten gestrichenen Fenster- und Türrahmen sowie Innenverkleidungen werden am häufigsten Weichhölzer verwendet — darunter, neben den Konstruktionshölzern, die leichteren Fichtenhölzer Europas und Nordamerikas —, da sie einfacher zu bearbeiten sind und die Farbe besser aufnehmen als Hartholz. In den letzten Jahren wurden neben der traditionellen Eiche zunehmend tropische Harthölzer für Ausbauzwecke benutzt.



# Papiermachen – eine alte Kunst

Die ersten schriftlichen Zeugnisse sind auf Knochen, Schildpatt, Tuch und Tontafeln festgehalten. Bereits 3 500 Jahre vor Christus schrieben die Ägypter auf Rollen von Papyrus – einer schilfähnlichen, am Nilufer gedeihenden Staude, von deren Namen sich das Wort Papier herleitet. Doch das aus zerquetschten Pflanzenfasern hergestellte, zu Blättern gepresste Produkt, das wir heute als Papier bezeichnen, wurde in China erfunden.

Nach geschichtlicher Überlieferung hat Ts'ai Lun, Minister am chinesischen Kaiserhof, 105 nach Christus zum erstenmal Papier gefertigt. Neue archäologische Funde bezeugen jedoch, daß zumindest zwei Jahrhunderte zuvor bereits Papier hergestellt wurde. Ts'ai Luns Produkt bestand aus Rinde des Papiermaulbeerbaums, *Broussonetia papyrifera*, alten Fischernetzen, Lumpen und Hanfabfällen. Diese Mischung wurde zu Faserbrei aufgelöst und dann zum Abtropfen und Trocknen auf eine Siebform aus Bambusrohrstreifen gegossen.

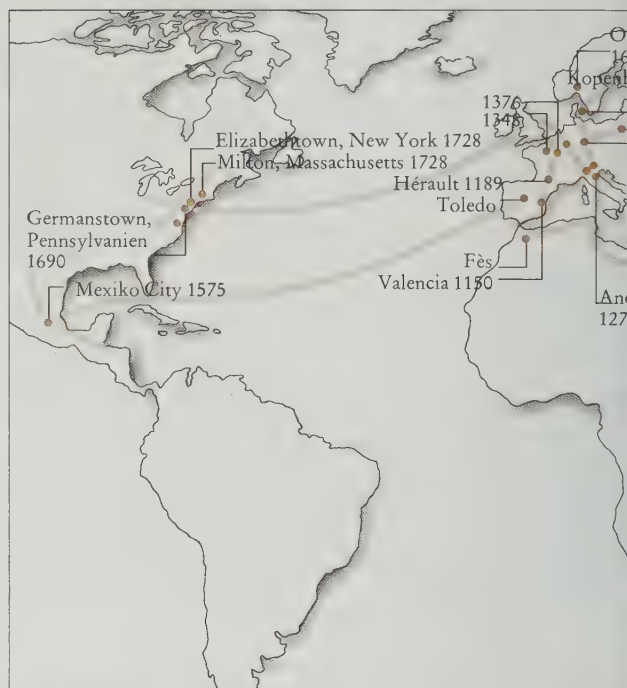
Die chinesische Methode der Papierherstellung gelangte rasch nach Korea und Japan. Aber da sich die Kulturen in Ost und West zwar gleichzeitig, doch völlig getrennt entwickelten, begann die Kunst des Papiermachens erst im 8. Jahrhundert, als die Araber in Samarkand chinesische Soldaten gefangenahmen, ihren langsamen Siegeszug in der westlichen Welt anzutreten. Im Jahr 793 stellten in Bagdad chinesische Arbeiter unter arabischer Aufsicht Papier her. Zum nächsten Zentrum der Papiermanufaktur entwickelte sich Damaskus, von wo fertige Bogen nach ganz Europa ausgeführt wurden. Das Papier gelangte dann über Ägypten, wo es den Papyrus aus seiner dreitausendjährigen Herrschaft verdrängte, nach Marokko. Durch die Invasion der Mauren in Spanien kam es nach Europa und schließlich in die Neue Welt.

In den ersten Fabriken wurde Papier noch manuell gefertigt; das Verfahren hatte sich seit seiner Erfindung in China kaum verändert. Doch das handgemachte Papier hatte verschiedene Nachteile. Die Abmessung des Blattes hing von der des Siebes ab, mit dem der Papierbrei aus der Bütte geschöpft wurde, und diese Siebform ließ sich nur bis zu einer bestimmten Größe heben. Die Papierherstellung war ein langsamer und arbeitsintensiver Vorgang, bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts zwei entscheidende Fortschritte erzielt wurden – die Mechanisierung des Arbeitsvorgangs und die Ablösung von Hadern als Rohstoff durch neues Ausgangsmaterial.

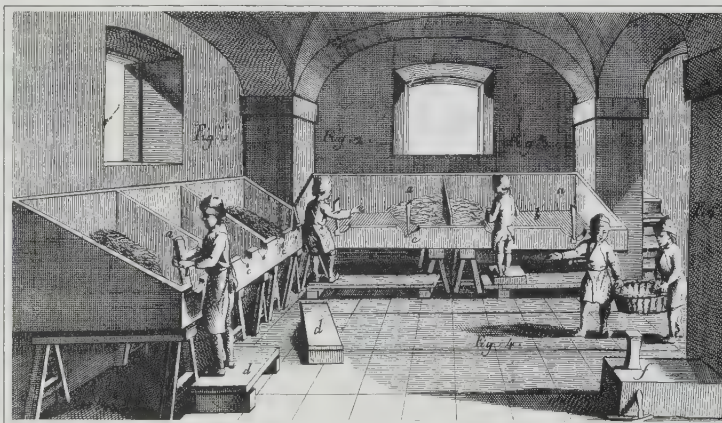
1799 konstruierte Louis Robert, ein Angestellter der Papiermühle Didot Frères im französischen Essones, ein mechanisch bewegtes Sieb, das eine endlose Papierbahn erzeugte, die anschließend zwischen zwei



Oben Auf diesem Bild aus einem alten chinesischen Manuskript wird Bambus vor dem Kochen und Zerstampfen zu Fasern eingeweicht. Bambus lieferte auch den Heizstoff für den Kochprozeß, und aus dünnen Bambusstreifen wurde das Siebgeflecht hergestellt, auf dem die Papierblätter ihre Form erhielten.



Unten Die Kunst des Papiermachens wurde im 1. Jahrhundert in China erfunden, breitete sich über Japan aus und erreichte im Jahr 1189 die westliche Welt. 1690 entstand die erste Papiermühle Amerikas.



Links Im 18. Jahrhundert wurden zur Papierherstellung Lumpen verwendet, die man zerschneidete und nach Leinen und Baumwolle sortierte. Anfang des 19. Jahrhunderts wurden Hadern Mangelware, und viele Papiermühlen mußten schließen. Doch der Papierbedarf stieg von Jahr zu Jahr, und Holz wurde zum wichtigsten Rohstoff für Papier. Lumpen werden auch heute noch zur Fertigung von Papier mit besonderen Eigenschaften verwendet, besonders für Banknoten und Urkunden.

## DONKINS PAPIERMASCHINE

Bryan Donkin stellte seine erste leistungsfähige Maschine im Jahr 1803 auf, und in den nächsten zehn Jahren konstruierte und installierte seine Firma weitere dreizehn Maschinen. Fünfzig Jahre später hatte er insgesamt an die dreihundert Maschinen gebaut, die nach Europa, Indien und den USA ausgeführt werden.

In der Werbung für die unten gezeigte, im Katalog der Londoner Weltausstellung von 1862 abgebildeten Maschine hieß es, sie würde «bei ununterbrochenem Betrieb in 24 Stunden eine endlose Papierbahn von 32 km Länge und 68 000 m<sup>2</sup> Flächeninhalt erzeugen».

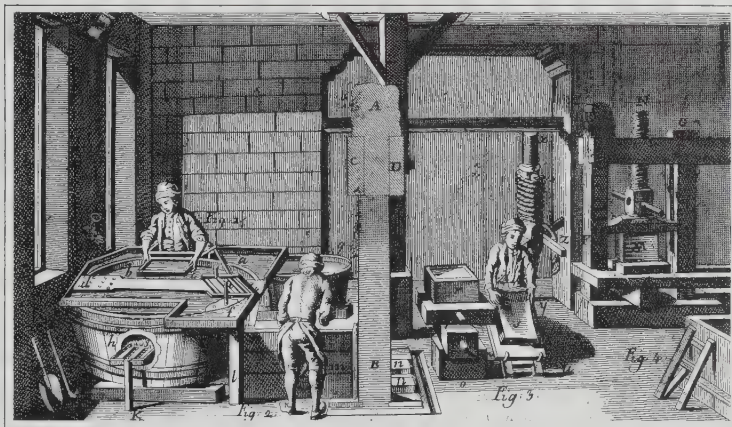
Papiermaschine







Rechts Manuelle Papierherstellung im 18. Jahrhundert – ein Bild aus Diderots Encyclopédie (1751 bis 1772). Der Papierer links außen taucht die Schöpfform – das Sieb – in die Bütte, während der Arbeiter in der Mitte das nasse Blatt auspreßt. Der dritte Papiermacher hebt das Blatt vom Sieb ab, ehe es in der Presse zu seiner Linken weiter komprimiert wird. Das Papiermachen war ein äußerst arbeitsintensives Gewerbe. Die Größe des Siebs bestimmte die Blattgröße.



Walzen gepreßt wurde. Roberts Maschine war kein durchschlagender Erfolg, aber seine Erfindung wurde von einer Londoner Papierhandelsfirma, den Gebrüdern Fourdrinier, übernommen, die den Ingenieur Bryan Donkin mit dem Entwurf und Bau einer neuen Maschine beauftragten. Nach vielen Versuchen und etlichen Fehlschlägen wurde 1803 in Frogmore in England eine Maschine in Betrieb gesetzt.

Mit der Verbesserung der Herstellungstechnik war die Suche nach einem geeigneten neuen Rohstoff verbunden. Lumpen waren so knapp geworden, daß sich die Papierhersteller gezwungen sahen, sie auf dem Annoncenweg zu beschaffen. Allein in England wurden im Jahr 1800 an die zwölf Millionen Kilogramm Hadern verarbeitet. Die industrielle Revolution, mit der eine Zunahme der Bevölkerung, ein Aufschwung des Handels und der Bildung einherging, schuf eine gewaltige Nachfrage nach Papier.

Der französische Wissenschaftler René de Réaumur hatte bereits im frühen 18. Jahrhundert die Verwendung von Holz als Papierrohstoff angeregt. Er hatte beobachtet,

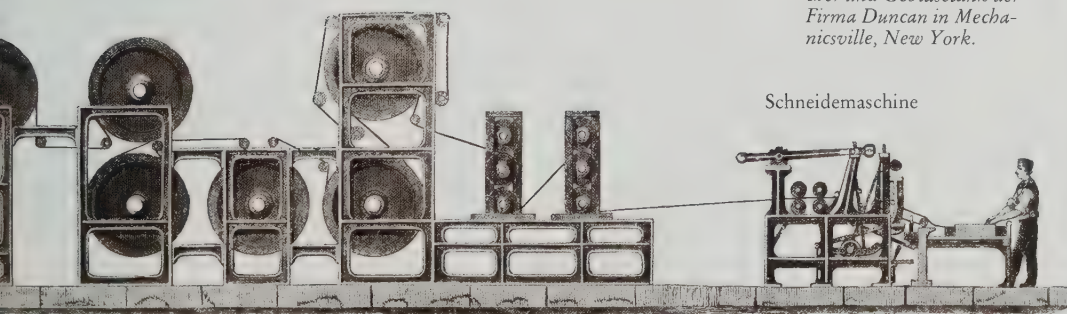
wie eine Wespe Holzfasern von einem morschen Pfahl wegtrug, sie mit ihren Körpersekreten vermischte und mit dieser Masse ein Nest baute. Diese Beobachtung brachte ihn auf den Gedanken, daß man im gleichen Verfahren Papier herstellen könne, doch es verstrichen etliche Jahre, bis die Idee praktisch verwertet wurde. Die Entwicklung brauchbarer Verfahren der Papierherstellung aus Pflanzenfasern wurde erst nach 1800 vorangetrieben. Man entdeckte zwei grundverschiedene Wege der Fasererzeugung – den chemischen und den mechanischen.

Die mechanische Gewinnung der Fasern – die Holzschliffmethode, bei der man Rundholz gegen einen rotierenden Schleifstein preßte und unter fließendem Wasser zerrieb – wurde 1844 von F.G. Keller in Hainichen erfunden, aber erst nach 1870 industriell betrieben.

Bei der chemischen Aufbereitung des Holzes zu Fasern – dem Zellstoff – werden Lignin und andere Holznebenbestandteile aufgelöst, und es bleibt eine Masse zurück, die vorwiegend aus reinen Holzfasern besteht. Natronzellstoff wurde zum erstenmal 1852 in England produziert, und 1863 wurde dem amerikanischen Chemiker B.C. Tilghman ein Patent für das Sulfitzellstoffverfahren erteilt. In der Frühzeit der Papierindustrie wurde hauptsächlich Sulfitzellstoff produziert, vorzugsweise aus Fichten- und Tannenholz. Als jedoch 1884 Carl F. Dahl in Danzig den Sulfatzellstoff erfand, wurde die Rohstoffbasis wesentlich erweitert.

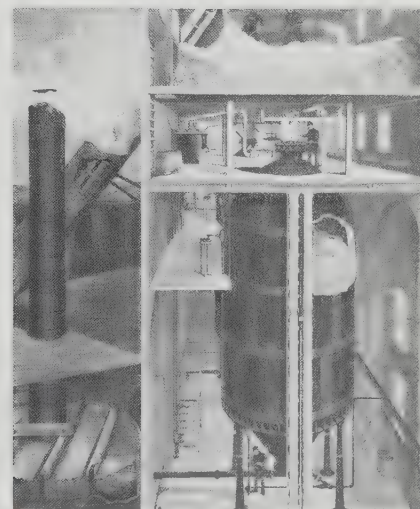
Da Bäume der Hauptrohstoff der Fasern- und Papierindustrie sind, ist sie vor allem in den Ländern konzentriert, die hochindustrialisiert und reich an Wäldern sind, insbesondere an Nadelwäldern. Heute entfallen über achtzig Prozent der Weltproduktion von Zellstoff und Papier auf Kanada, die Vereinigten Staaten und Skandinavien.

Trockenmaschine



Schneidemaschine

Rechts 1863 wurde in den USA ein Patent für das Sulfitzellstoffverfahren erteilt. Das einer Ausgabe von 1898 des Scientific American entnommene Bild zeigt Zellstoffkocher und Gebläsetank der Firma Duncan in Mechanicsville, New York.





# Bäume werden zu Zellstoff

Das Papiermachen beginnt im Wald, wo die Bäume geerntet werden, nachdem man manche vielleicht fünfzehn, andere dreißig oder sechzig Jahre wachsen ließ. Aus der heiteren Gelassenheit der Waldatmosphäre gelangen die geschlagenen Bäume als Schichtholz in das Getriebe und Getöse der hochmechanisierten Faserfabrik. Dort werden sie in Sekundenschnelle entrindet, zu kleinen Spänen zerhackt und danach entweder in Chemikalien gekocht – das Zellstoffverfahren – oder mit Mahlsteinen zerfasert – die Holzschliffmethode.

Die moderne Zellstofffabrik ist rund um die Uhr in Betrieb, und viele Vorgänge verlaufen, von komplizierten Computergeräten gesteuert, vollautomatisch. Die meisten dieser Fabriken liegen in waldreichen Gegenden

und sind mit einem Papierwerk verbunden, so daß der Prozeß, in dem Bäume zu Fasern und Fasern zu Papier werden, niemals unterbrochen wird. Manche Fabriken stellen auch Fasern her, die an Papiermühlen in unbewaldeten Zonen geliefert oder zu anderen Produkten auf Zellulosebasis wie Cellophan oder Reyon verarbeitet werden (siehe Seiten 188 bis 191). Bei der Erzeugung von Zellstoff werden Lignin und andere Holznebenbestandteile aus den Zellen herausgelöst und Fasern gewonnen, deren Hauptbestandteil Zellulose ist. Es gibt drei wichtige Verfahren der Zelluloseherstellung.

Beim Holzschliff wird das Holz auf mechanischem Weg in Fasern übergeführt. Wie sein Name besagt, entsteht er durch Zerschleifen des Holzes und kann aus Rundholz

oder Spänen hergestellt werden. Bei der Verarbeitung von Rundholz werden kurze Stammabschnitte von Zylindern mit Wasserantrieb gegen einen riesigen Schleifstein gepreßt, der aus einer Mischung von Siliciumcarbid und Aluminiumoxyd besteht. Ein einziger Mahlstein erzeugt in 24 Stunden bis zu fünfzig Tonnen Fasern. Zur Entfernung von Ästen, Rinde und Unreinheiten wird der Holzschliff gesiebt. Da er sämtliche Bestandteile des Holzes – neben Lignin Hemizellulose und Harz – enthält, vergilbt das daraus hergestellte Papier, wenn es Licht und Wärme ausgesetzt wird. Außerdem sind die Holzschliffasern sehr kurz und verfilzen deshalb schlecht, so daß das fertige Papier keinen hohen Festigkeitsgrad besitzt; dafür eignet es sich gut als Druckpapier.

## DIE SULFAT-PAPIERFABRIK

### TRANSPORT

Industrieholz für Papier wird per Straße, Schiene oder auf dem Wasserweg zur Zellstofffabrik befördert. In den Gebieten Kanadas und Skandinaviens, wo Flößen die Haupttransportart ist, muß das Holz im Werk sein, ehe das Wasser im Winter zufriert.

### ENTRINDUNGSMASCHINEN

Die Stammabschnitte gelangen in die Entrindungstrommeln und werden so lange gegeneinander und gegen die reibenden Innenflächen der Trommel geschleudert, bis die meiste Rinde entfernt ist.

### SPÄNELAGER

Die Lager werden durch Späne ergänzt, die, meist als Abfallprodukte der Massivholzindustrie, per Straße oder Schiene in die Papierfabrik gelangen.

### HOLZLAGERPLATZ

Das Holz wird bei dem Kran abgeladen und aufgeschichtet. Das Lager ist groß genug, um das Werk einen bis 6 Monate zu versorgen.

### HACKMASCHINEN

Das entündete Holz wird in der Hackmaschine zerkleinert und sortiert. Die Holzstücke werden zusammen

mit der Rinde verbrannt, die großen weiter zerspant. Die Späne gelangen entweder direkt in den Kocher oder werden aufgehäuft.

### KOCHER

Heute gibt es zwei weitverbreitete Arten von Kochern – den periodisch und den kontinuierlich arbeitenden Kocher. Die Späne



Zellstoff wird aus kleingehacktem Holz hergestellt, das man bei großer Hitze und unter hohem Druck in chemischen Lösungen kocht, um die Zellulosebegleitstoffe herauszulösen. Es gibt zwei weitverbreitete Aufschlußarten: das Sulfitverfahren (saurer Aufschluß) und die Sulfatmethode (alkalischer Aufschluß).

Das Sulfitverfahren spielte lange Zeit die führende Rolle bei der Zellstoffgewinnung, ist aber seit 1940 mehr und mehr vom Sulfatverfahren verdrängt worden. Zur Herstellung der Sulfitkochsäure wird in der Regel Schwefeldioxyd in Natronlauge oder Kalkwasser gelöst. Die Späne werden in den Kocher (einen großen Dampfkessel aus Stahl) eingefüllt und anschließend Kochsäure und heißer Dampf in den Kessel geleitet. Durch die

Druckentlastung, die nach dem Kochvorgang beim Öffnen des Kessels entsteht, zerreißen die Späne zu Fasern. Zur Beseitigung von Fremdkörpern werden sie gesiebt und danach gewaschen, um sie von der sauren Lösung (Ablauge) zu trennen, die ausgeschieden wird und bei falscher Handhabung zu starker Gewässerverschmutzung führt.

Das moderne Sulfatverfahren wurde 1884 entwickelt, um das dreißig Jahre zuvor erfundene Natronverfahren zu verbessern. Natronzellstoff wurde aus Hartholz gefertigt, das man mit Natronlauge (Natriumhydroxyd) tränkte. Dieser Zellstoff war nicht besonders fest und wurde zur Herstellung von Druckpapierarten oft als Füllstoff mit stärkeren Weichholzfasern vermengt. Bei diesem Prozeß wurden große Mengen von Ätzna-

tron verbraucht, so daß die Papierhersteller Methoden zur Rückgewinnung von Chemikalien aus der Ablauge finden mußten.

Bei dieser Methode wurde ein weit stärkerer Zellstoff gewonnen als beim Natronverfahren. Die erhöhte Festigkeit wurde dadurch erzielt, daß man als Kochflüssigkeit Natronlauge mit einem Zusatz von Schwefelnatrium (Natriumsulfid) verwendete. Dieser Zellstoff war jedoch dunkel gefärbt und wurde daher für Papierarten gebraucht, bei denen es weder auf Farbigkeit noch auf Weiße ankam (Kraftpapier). In den Jahren nach 1930 konnte der Farbnachteil dank neuer Bleichtechniken behoben werden. In dieser Zeit wurde das Sulfatverfahren zur Hauptmethode der Zellstoffgewinnung und ist es bis heute geblieben.

#### WASCHANLAGE

Die Ablauge wird vom Zellstoff getrennt. Beim kontinuierlichen Aufschluß wird die Schwarzlauge herausgewaschen, ehe die Mischung in den Gebläsetank gelangt. Für braunes Packpapier wird der gewaschene Zellstoff direkt verarbeitet.

#### BLEICHEREI

Bei der Herstellung von weißem Papier muß der Zellstoff in der Bleicherei behandelt werden. Zuerst wird dem Zellstoff Wasser-Gemisch Chlorgas beigefügt, das mit den dunkel gefärbten Ligninrückständen reagiert und sie löst. In einem zweiten Arbeitsgang wird das Chlor herausgewaschen und der Zellstoff mit Natrium-

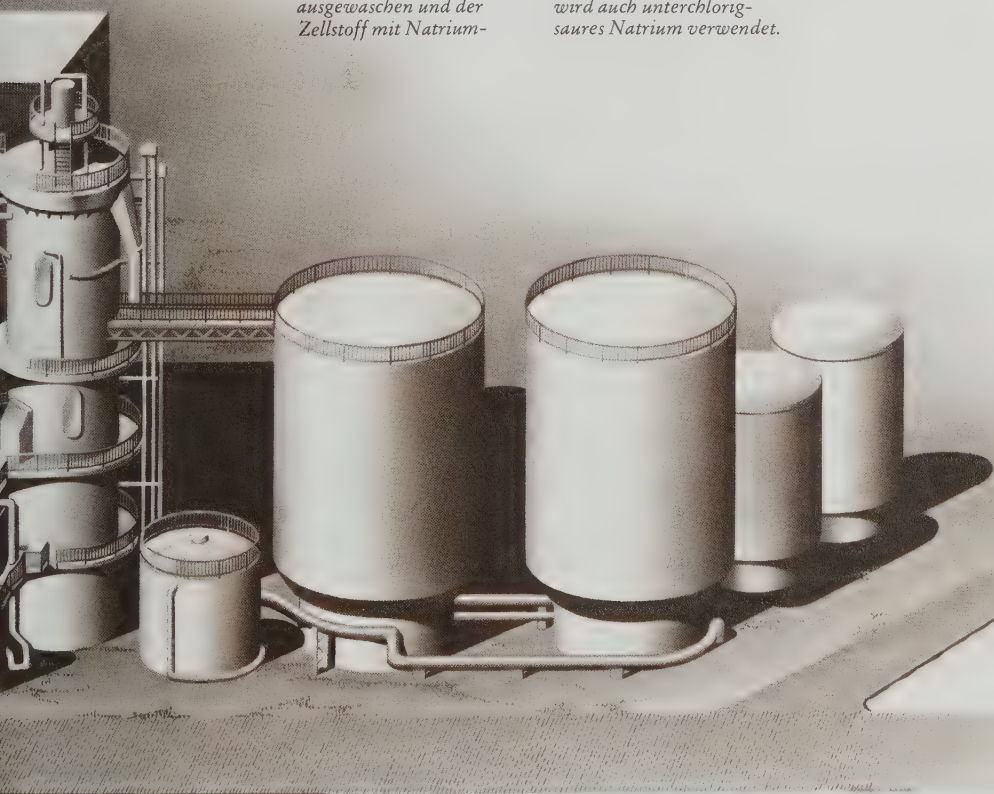
hydroxyd behandelt, um ihn von den letzten Ligninresten zu befreien. In einer dritten Stufe werden dem Zellstoff kleine Mengen von Chlordioxyd beigemischt, einem starken Bleichmittel, das die Fasermasse bis zu einem mittleren Weißegrad aufhellt. Statt Chlordioxyd wird auch unterchlorigsaures Natrium verwendet.

#### LAGERUNG

Der Zellstoff wird dann in die Lagertürme weitergeleitet, von wo er jederzeit in die Papierfabrik gepumpt werden kann. Jeder Turm nimmt 50 bis 500 Tonnen Zellstoff auf – genug, daß das Papierwerk rund um die Uhr arbeiten kann.

#### CHEMIKALIEN- UND ENERGIERÜCKGEWINNUNG

Um ein modernes Zellstoffwerk in Betrieb zu halten, sind riesige Energiemengen nötig. Es wird deshalb alles getan, damit sämtliche Abfälle genutzt werden können. Rinde, zu kleine Späne und das Lignin aus der Kochlauge werden verbrannt und liefern Dampf zum Antrieb der Turbinen, die elektrischen Strom erzeugen. Auch Chemikalien sind wertvolle Rohstoffe und führen außerdem zu Gewässerverschmutzung, wenn man sie unverändert aus dem Werk ableitet. Im Sulfatverfahren werden bis 95 Prozent der für die Kochlauge verwendeten Chemikalien zurückgewonnen. Die verbrauchte «Schwarzlauge» wird aus den entfaserten Spänen herausgewaschen und in den Verdampfungsgefäßen auf die Hälfte eingedampft. Anschließend wird die restliche Lauge verbrannt: Die Holzbestandteile im Lignin erzeugen Wärme, die zur Dampfgewinnung genutzt wird, während Natriumsulfat und andere Natriumverbindungen, die während des Kochvorgangs entstanden sind, in Natriumsulfid und -karbonat umgewandelt werden. Bei der Lösung dieser Stoffe in Wasser entsteht die «Grünlauge»; durch Mischung dieser Lauge mit Kalziumoxyd aus dem Kalkofen verbindet sich das Kalzium mit dem Karbonat, während sich die ursprünglich aus Natriumhydroxyd und -sulfid bestehende Kochflüssigkeit neu bildet, so daß der Chemikalienverlust wettgemacht wird. Das Kalziumkarbonat trennt sich von der Lauge ab und gelangt in den Kalkofen, in dem durch Hitzeeinwirkung Kohlendioxyd gespalten wird, damit sich Kalziumoxyd bilden kann – die der Grünlauge beigefügte chemische Substanz.



werden, zusammen mit der Kochlauge aus Natriumhydroxyd und Natriumsulfid, auf der Oberseite des Behälters eingefüllt. Nach Verschließen des Kochers wird das Holz durch

Dampfeinleitung bei 170°C Hitze in 2 bis 2,5 Stunden aufgeschlossen. In den modernsten Fabriken sind kontinuierlich arbeitende Kocher installiert – riesig, über 60 Me-

ter hohe Stahltürme, die mit einer Anzahl hintereinandergeschalteter Behandlungsstufen arbeiten. Späne und Kochlauge werden in ununterbrochener Folge in den Turm geleit-

et und durchlaufen bei unterschiedlicher Temperatur- und Druckhöhe eine Stufe nach der anderen. Der Prozeß wird von einem zentralen Computerraum aus gesteuert.





# Zellstoff wird zu Papier

Die Papierfabrik wird sowohl mit braunem wie mit weißem, gebleichtem Zellstoff beliefert, den sie je nach dem herzustellenden Papier weiterverarbeitet. Die Art des Papiers muß jetzt bestimmt werden, da es zahlreiche seiner Eigenschaften in der nächsten Fertigungsetappe erhält.

Der Zellstoff wird durch Mischwerke gepumpt, wo ihm bestimmte Stoffe beigemischt werden, die dem Papier erwünschte Merkmale wie Farbe, Naßfestigkeit und Glanz verleihen. Als nächstes gelangt der Zellstoff in sogenannte Refiner, wo die Fasern zur Erhöhung ihres Verfilzungsgrades zwischen rotierenden Stahlstangen «aufgeschlagen» werden. Die Intensität der Bearbeitung im Refiner ist ausschlaggebend für die Dichte des Endprodukts, da die Fasern dabei durch Quetschen auf die erforderliche Länge gekürzt und aufgeraut werden. So wird der

Zellstoff für Kaffeefilterpapier weniger lange aufgeschlagen als die Fasern für festes Druckpapier. Der verfeinerte Zellstoff wird verdünnt und anschließend in Reinigungsschleudern von möglichen Fremdkörperrückständen befreit.

Den solchermaßen aufbereiteten Zellstoff behandelt man nun auf der Naßpartie der Papiermaschine weiter. Er wird zunächst in den Stoffauflaufkasten gepumpt, aus dem er durch einen schmalen Schlitz als feine Faseremulsion auf ein endloses Metall- oder Kunststoffsieb fließt, das sich mit einer Geschwindigkeit von rund neunhundert Metern pro Minute fortbewegt. Beim Austritt aus dem Stoffauflaufkasten besteht die Masse aus nur einem Teil Fasern auf hundert Teile Wasser, beginnt sich aber unverzüglich zu entwässern, so daß sich die Fasern auf dem Sieb absetzen und ein Papierblatt bilden.

Das Sieb ist in der Regel seitlich von mitlaufenden, vierkantigen Gummiriemern oder Deckleisten eingefast und läuft über dicht an dicht liegende Trag- oder Registerwalzen. Die Fortbewegung des Siebes auf diesen Walzen erzeugt eine Saugwirkung, durch die dem Stoffbrei durch das Sieb hindurch rasch Wasser entzogen wird. Etwa ab Mitte der Siebpartie folgt eine Reihe von Saugern, die das restliche sichtbare Wasser absaugen.

Nachdem die Papierbahn vom Sieb abgehoben wurde, besteht sie immer noch zu rund achtzig Prozent aus Wasser. Zur weiteren Entwässerung wird sie nun von Filzen (Naßfilzen) durch eine Anzahl Naßpressen geleitet, die den Wassergehalt auf etwa sechzig Prozent vermindern und die Papierbahn außerdem verfestigen und glätten.

Nach der Pressenpartie durchläuft das Papier die Trockenpartie, wo sein Wasser-

## DER STOFF-AUFLAUFKASTEN

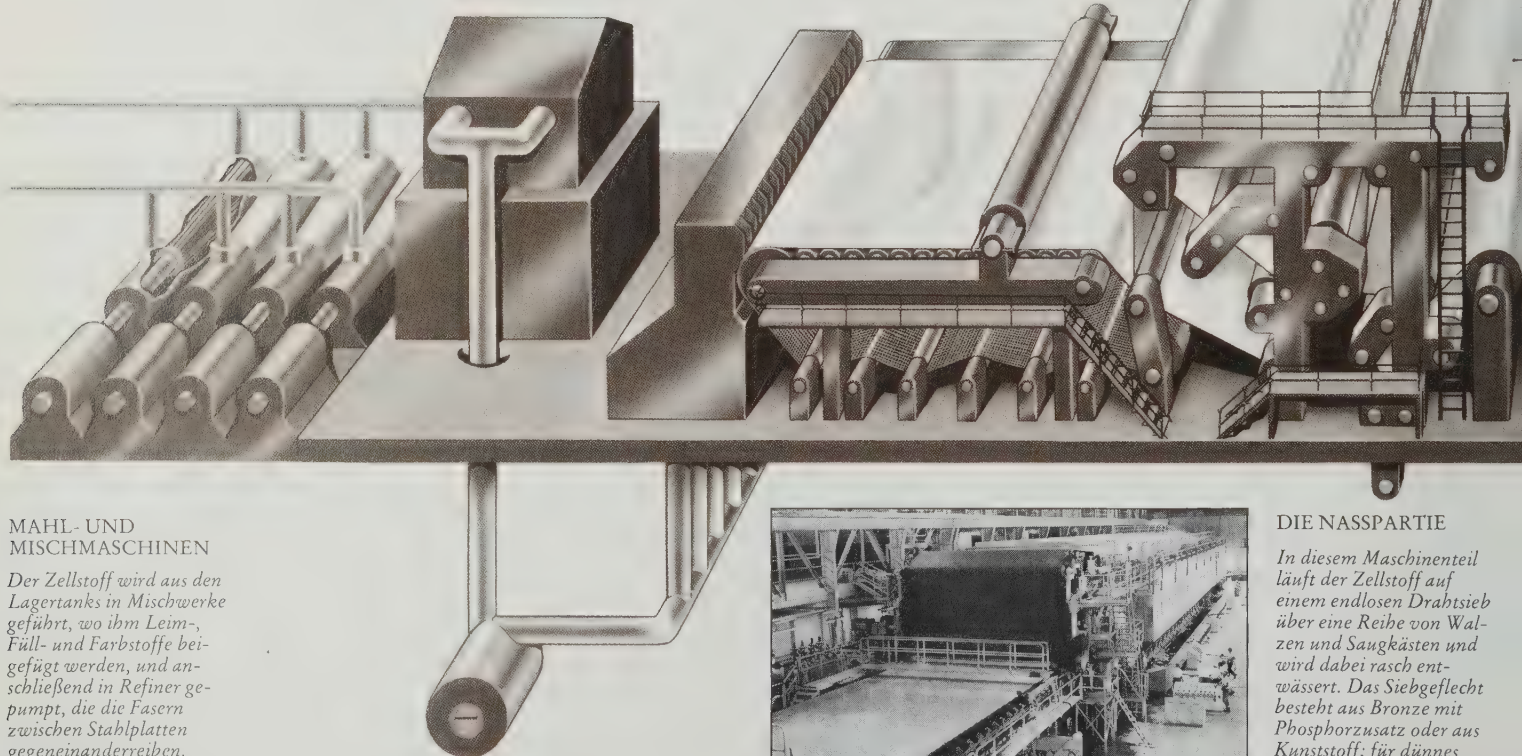
Aus den Refinern wird die verdünnte Faseremulsion in den Stoffauflaufkasten gepumpt, von wo sie durch einen schmalen Schlitz auf das sich fortbewegende Sieb fließt.

## EGOUTTEUR

Diese auch Dandyroller genannte, mit einem Drahtgeflecht überzogene Walze ist auf das Sieb aufgelegt und preßt das Fasergewebe leicht gegen das Sieb, glättet es dabei und verbessert seinen Zusammenhalt. Mit dieser Walze werden Wasserzeichen in das Papier eingepreßt.

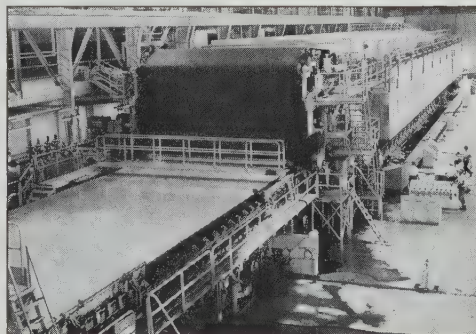
## PRESSENPARTIE

In diesem Abschnitt entziehen Filzpressen der Papierbahn einen weiteren Teil des Wassers, ehe sie zur Trockenpartie gelangt, wo sie immer noch zu 65 Prozent aus Wasser besteht.



## MAHL- UND MISCHMASCHINEN

Der Zellstoff wird aus den Lagertanks in Mischwerke geführt, wo ihm Leim-, Füll- und Farbstoffe beigefügt werden, und anschließend in Refiner gepumpt, die die Fasern zwischen Stahlplatten gegeneinanderreiben. Die Fasern werden gekürzt und an den Enden aufgeraut, damit sie sich auf dem Sieb besser verfilzen.



## DIE NASSPARTIE

In diesem Maschinenteil läuft der Zellstoff auf einem endlosen Drahtsieb über eine Reihe von Walzen und Saugkästen und wird dabei rasch entwässert. Das Siebgeflecht besteht aus Bronze mit Phosphorzusatz oder aus Kunststoff; für dünnes Papier wird ein feinesmaschiges, für schwereres Papier ein gröberes Sieb verwendet. Die Breite des Siebes

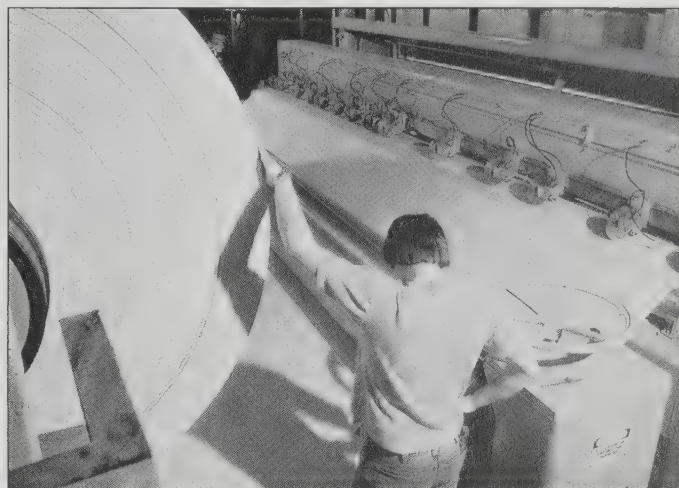


gehalt auf den endgültigen Feuchtigkeitsgrad reduziert wird. Sie besteht aus gußeisernen, mit Dampf beheizten Zylindern, die auf größeren Maschinen meist in zwei Lagen von fünfzig oder mehr gegeneinander versetzten Einheiten angeordnet sind. Mitlaufende endlose Filze (Trockenfilze) pressen die Papierbahn abwechselnd von jeder Seite fest an die Oberfläche der Zylinder. In die Trockenpartie eingefügt ist eine Leimpresse, mit der das Papier, falls erforderlich, von außen geleimt werden kann; dadurch erhält es zusätzliche Eigenschaften wie Wasserresistenz.

Der letzte Arbeitsgang auf der Papiermaschine ist das Pressen der Papierbahn im Glättwerk, das aus vertikal angeordneten Gußeisenwalzen mit feinpolierte Oberfläche besteht. Zum Schluß wird die Bahn im Aufroller zu riesigen Rollen von 15 bis 35 Tonnen Gewicht aufgewickelt.

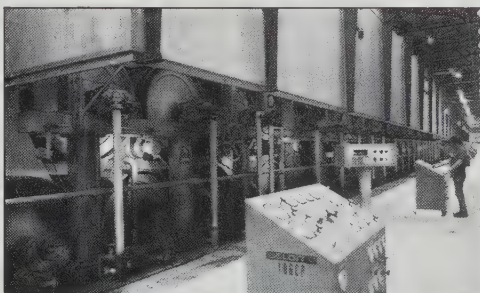
#### UMROLLEN UND SCHNEIDEN

*Die Rollen, zu denen die Papierbahn nach der Trockenpartie aufgewickelt wird, werden von der Papiermaschine entfernt und in einem getrennten Arbeitsgang umgerollt. Dabei wird die laufende Papierbahn gleichzeitig von stillstehenden Messern auf die erforderliche Breite geschnitten. Falls das Papier nicht sofort an den Kunden geliefert wird, wickelt man es nochmals auf Rollen von Standardgröße um, die in einem Raum mit Feuchtigkeits- und Temperaturkontrolle gelagert werden.*



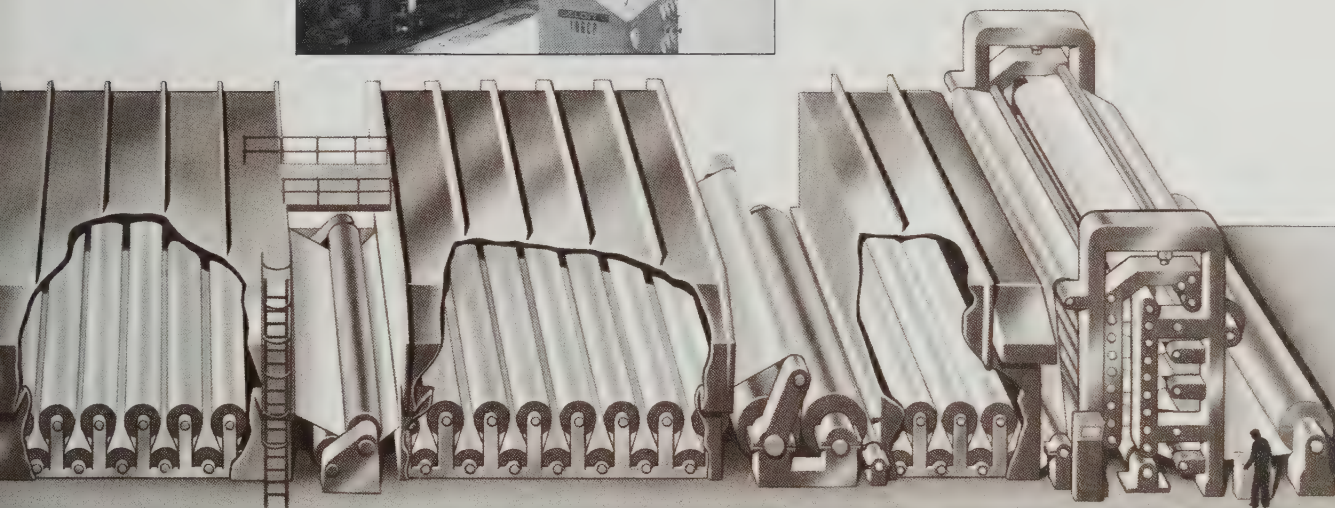
#### TROCKENPARTIE

*Das Papier wird fest an mit Dampf beheizte Trockenzyylinder angepreßt, die das restliche Wasser verdunsten.*



#### GLÄTTWERK

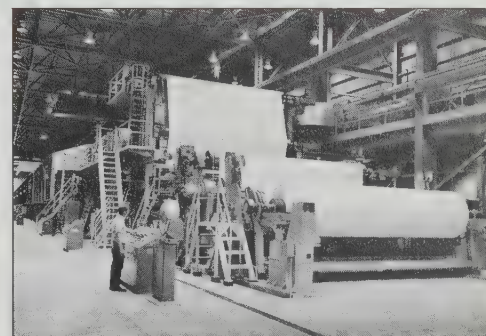
*Als nächstes läuft die trockene Papierbahn über die glatten, säulenförmig angeordneten Walzen des Glättwerks, die es glätten und pressen, ehe es zum Schluß aufgerollt wird.*



*kann von 150 bis 900 cm reichen; es läuft mit einer Höchstgeschwindigkeit von 60 Kilometern pro Stunde und hat einen maximalen Ausstoß von über 1000 Tonnen Papier pro Tag. Das Zellstofflies enthält am Ende der Siebpartie immer noch rund 80 Prozent Wasser. Die abgebildete Maschine ist von herkömmlicher Bauart; in letzter Zeit sind neue Modelle entwickelt worden.*

#### ROLLAPPARAT

*Dieses Gerät wickelt das Papier zu Rollen von 2,5 m Durchmesser und einem Höchstgewicht von 35 Tonnen auf. Die umwickelten Spulen werden laufend durch leere ersetzt, so daß die Papierbahn ununterbrochen weiterläuft.*





# Erzeugnisse aus Papier

## VERFAHREN UND PRODUKTE

Der Papierfabrikant bestimmt zunächst das erforderliche Rohmaterial — Nadelholz für die Herstellung festen, Laubholz für die Fertigung weichen, aber weniger starken Papiers. Dann entscheidet er das Zerkleinerungsver-

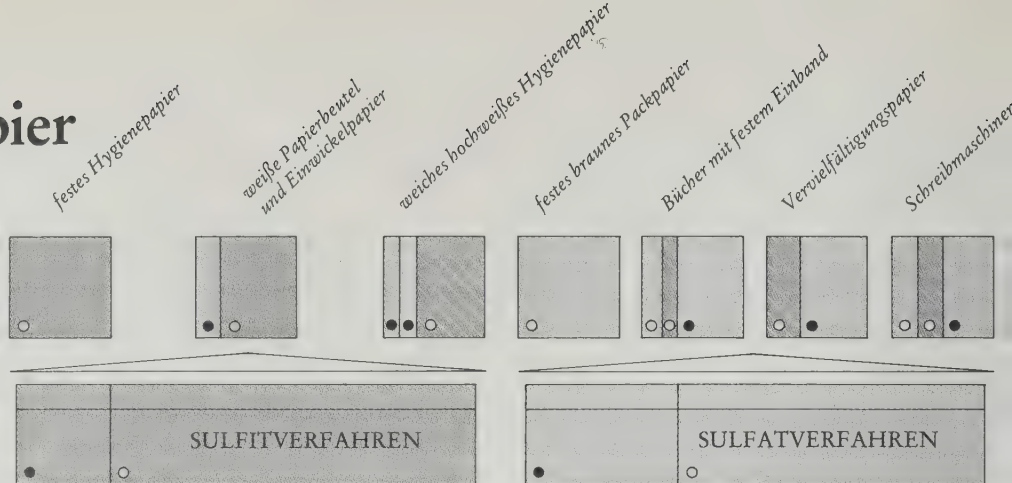
fahren des Holzes. Sulfit- und Sulfatverfahren liefern einen festen, aber teuren Zellstoff. Holzschliff ist billiger, ergibt aber ein minderwertiges Papier, das meist nur für kurzlebige Produkte verwendet wird.

Papier ist ein uraltes Material und zugleich eines der allgegenwärtigen Symbole unserer Zeit. Unter dem Begriff Papier verstehen wir gewöhnlich Bogen aus gepreßten Fasern. Meist handelt es sich dabei um Holzfasern — Zellulose —, die dem Holz auf chemischem oder mechanischem Weg, als Zellstoff oder Holzschliff, entzogen und zu Papierbrei weiterverarbeitet werden (siehe Seiten 182/183).

Neben Holz gibt es aber auch andere Papierrohstoffe, so die Samenhaare der Baumwollpflanze, Bast- und Grasfasern, Blattfasern wie Esparto und Sisal, Lumpen, Altpapier und Stroh. Jede Fasernart hat ihre besonderen Merkmale, von denen die Beschaffenheit des Papierprodukts abhängt.

So spielt die Fasernqualität bei der Herstellung von Banknoten eine wesentliche Rolle. Papiergeld wird aus erstklassigen Stoffen gefertigt, die es fest und widerstandsfähig gegen Abnutzung machen. Für dieses Papier werden Abschnitte von ungebrauchtem Baumwollgewebe verwendet; außerdem enthält es eine bestimmte Menge hochwertiger Baumwollfasern, die allerdings bisweilen durch reinen Zellstoff ersetzt werden.

Neben Eigenschaft und Zusammensetzung — sowie Gewinnungsart — der Fasern



müssen auch die geeigneten Verarbeitungsverfahren und Zusatzstoffe bestimmt werden, damit die gewünschte Papierart entsteht. Um die Saugfähigkeit des Papiers zu mindern, fügt man dem Papierbrei Leime bei. Ohne diesen Zusatz würde die Farbe beim Bedrucken von Papier auslaufen oder durchschlagen. Das zur Herstellung von Dynamitbehältern gebrauchte Papier dagegen wird nicht geleimt, damit es Wachse und andere Substanzen aufnimmt, die den Sprengstoff vor Nässe schützen.

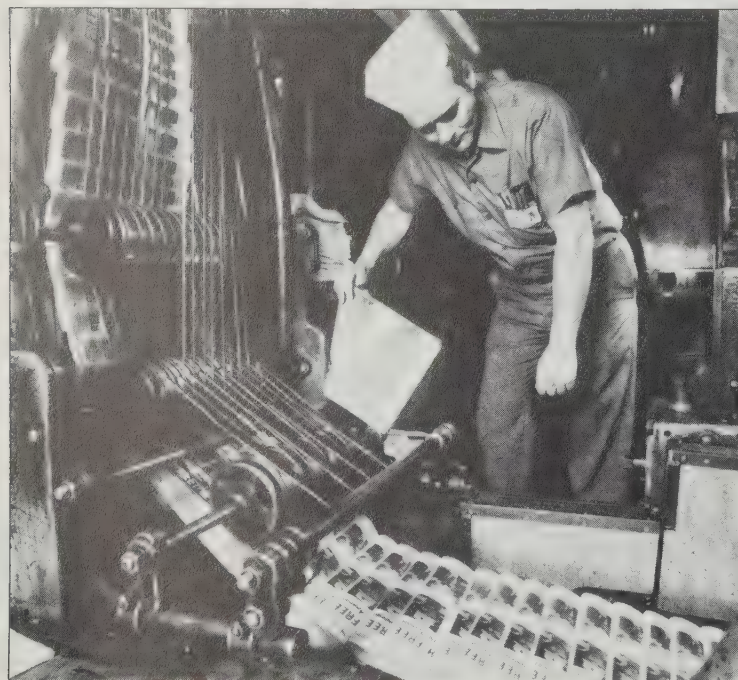
Papiere werden häufig beschichtet. Für teure bebilderte Bücher und Zeitschriften wird mit Farbpigmenten wie Kaolin oder Titanweiß behandeltes Papier verwendet, die es weicher und weißer machen, so daß Druck und Illustration auf der Seite besonders gut hervortreten. Die Oberfläche solcher Kunstdruckpapiere wird zusätzlich auf einem Spezialkalander geglättet: Eine Anzahl übereinander angeordneter Walzen satinieren das Papier unter besonders hohem Druck auf Hochglanz.

Manchmal stellt sich heraus, daß für einen speziellen Gebrauch bestimmtes Papier auch für andere Zwecke geeignet ist. So verwendete man Urkundenpapier — ein durch

seinen Zellstoffgehalt festes und dauerhaftes Material, das wegen dieser Eigenschaften ursprünglich für Staatspapiere und Akten benutzt wurde — in größerem Umfang für Briefbogen und Formulare, und als die Druckmaschinen in den Büros Einzug hielten, erwies sich diese Papierart als ideales Vervielfältigungspapier.

Einer der häufigsten Verwendungszwecke von Papier sind Verpackungen. Zwar wird Papier von jeher für Verpackung und Schutz von Gütern benutzt, aber die moderne Massenfertigung hat zu einem riesigen Anstieg des Bedarfs an Schachteln und Umhüllungen aller Art geführt. So entfällt in den Vereinigten Staaten über die Hälfte der gesamten Papiererzeugung auf Pappe, und diese wird fast ausschließlich für Kartonnagen verbraucht.

Faltschachteln, die durch Falten eines entsprechend gestanzten Pappzuschnitts entstehen und gegen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt wurden, werden zur Verpackung verderblicher Güter verwendet, so für Gefrierkonserven wie Eiscreme, Fleisch und Backwaren. Ausgangsmaterial dieser Schachteln ist weißgebleichter Sulfatzellstoff.

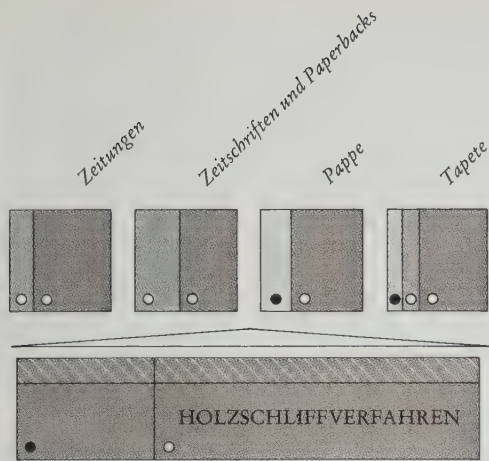


Links Zeitungsdruckpapier wird fast ausschließlich aus billigem Nadelholz hergestellt. Für Buchein-

bände, oben, indes ist starker, hochwertiger Zellstoff nötig. Dieser wird gebleicht, beschichtet und zu

einem dauerhaften Papier mit glänzender Oberfläche geglättet. Die Festigkeit von Wellpappkartons,

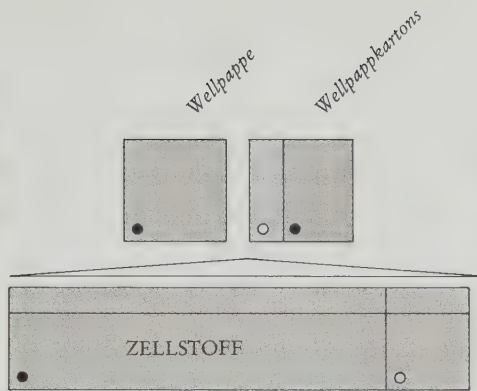




Kartons aus demselben Material, mit Kunststoff beschichtet, dienen zur Verpackung flüssiger Lebensmittel wie Milchprodukte und Fruchtsäfte. Neuerdings wird Sulfatzellstoffpappe mit Polyäthylen beschichtet; aus diesem Spezialkarton, der gegen Temperaturen von über zweihundert Grad Celsius resistent ist, stellt man Behälter für Nahrungsmittel her, die in Mikrowellenöfen erhitzt werden. Im Gegensatz zum Aluminium, das bis vor kurzem für diesen Zweck verwendet wurde, reflektiert Pappe die Mikrowellen nicht.

Der Wellpappkarton ist zwar ein denkbar prosaisches, aber äußerst wichtiges Packmaterial. Einseitige Wellpappe ist auf einer Seite, doppelseitig beklebte auf beiden Seiten mit glattem Papier überzogen. Die Welle festigt den Kartonbehälter, bewahrt ihm aber zugleich seine Leichtigkeit.

Aus einfachem, fortlaufend geriffeltem Karton wurden ursprünglich Schweißbänder für Hüte gefertigt, bis der Amerikaner Oliver Long 1874 die mit Papier beklebte Wellpappe erfand. Heute benutzt man Kisten aus Wellpappe sowohl für den Transport von Verbrauchs- als auch von Gebrauchsgütern wie Fernsehapparate und Waschmaschinen.

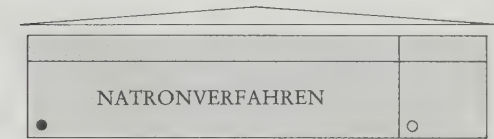


Für Hüll-, Pack- und Einwickelzwecke sind diverse Papierarten brauchbar, aber eine der verbreitetsten ist das Kraftpapier. Dieses aus Sulfatzellstoff hergestellte Papier ist, wie sein Name besagt, außerordentlich stark. Ungebleichtes Kraftpapier hat eine braune Färbung und wird zur Produktion des wohl bekanntesten Hüllpapiers gebraucht — der braunen Papiertüte.

Die Geschichte der Papiertüte läßt sich bis mindestens ins 17. Jahrhundert zurückverfolgen, aber erst 1852 erfand Francis Wolle aus Pennsylvania eine Maschine zur Massenfertigung von Tüten. Heutzutage gibt es diesen Artikel in vielen Formen und Größen, vom robusten, mehrere Lagen dicken Papiersack zum Verpacken von Dünger und Zement über die Papiertragetasche bis zum kleinen, handlichen Beutel.

Hygienepapier, aus dem Windeln, Toilettenpapier, Servietten, Taschentücher und ähnliche Produkte bestehen, ist ein weiteres für uns unentbehrliches Papiererzeugnis. Es ist aber keineswegs eine moderne Erfindung: Toilettenpapier wurde in China nachweislich bereits im Jahr 900 v.Chr. verwendet. Durch den Gehalt an Zellulose saugt jedes Papier von Natur aus Flüssigkeit auf,

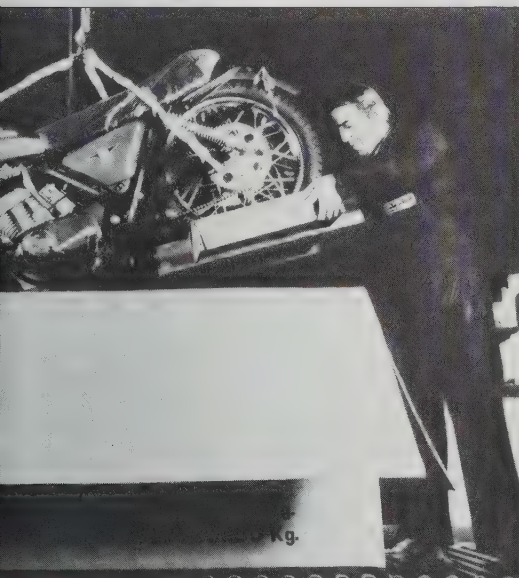
● Laubholz ○ Nadelholz  
gebleichter Papierstoff



und da diese Art Papier saugkräftig und weich sein muß, wird ihm, im Gegensatz zu den meisten anderen Papieren, bei der Fabrikation nur eine geringe Menge wasserabstoßender Stoffe beigelegt.

Die Nachfrage nach Papier steigt weltweit an. Und während sich der Markt für herkömmliche Produkte stetig erweitert, werden gleichzeitig neue Erzeugnisse und Verwendungszwecke entwickelt. Der Gebrauch von Papier als Baustoff ist eine solche kürzlich in der westlichen Welt eingeführte Neuerung. Papier wird neuerdings als Füllung von Zimmertüren benutzt; mit Holzfasermustern bedrucktes und einem Transparentschutzlack überzogenes Papier findet für die Furnierung von Holzwerkstoffplatten Verwendung. Man bemüht sich auch, neue Formen der Verpackung zu finden; so wird gegenwärtig die Möglichkeit der Fertigung einer Konservendose geprüft, die ganz aus Pappe besteht.

Der Papierkonsum wird vermutlich weiterhin zunehmen. Dieses wandlungsfähige Material hat zahlreiche Vorteile; sein wichtigster Vorzug mag künftig der sein, daß man es aus einer Quelle gewinnen kann, die nie versiegt.



oben, wird zum einen durch die Innenlage von geriffeltem Karton, zum anderen durch den Ge-

brauch ungebleichten Zellstoffs erreicht. Zur Herstellung von braunem Packpapier, oben, ver-



wendet man Zellstoff, der zur Erzielung von Naßfestigkeit einseitig geglättet wird. Tapetenpapiere,

rechts, behandelt man nach dem Bedrucken oft mit Vinyl, um sie gegen Abnutzung zu schützen.





# Zellulose

Echte Seide ist stets ein teurer und mit Prestige verbundener Artikel gewesen, und ihr Erzeuger, die Raupe des Maulbeerspinners, hat den menschlichen Erfindergeist vor eine fesselnde Aufgabe gestellt. Bei dem Versuch, die Fähigkeit des Seidenwurms zum Fäden-spinnen nachzuahmen, fand man heraus, daß künstliche Fasern aus Zellulose erzeugt, Um- und Abwandlungsprodukte der Zellulose zur Herstellung von Folien, Filmen und Kunststoffen herangezogen und bei anderen Fertigungsverfahren gebraucht werden können.

Die zahlreichen historischen Berichte von dieser Entwicklung messen den einzelnen Phasen des Geschehens unterschiedliche Bedeutung bei. Zweifellos wichtig war jedenfalls die Entdeckung, die der deutsche Chemiker Christian Friedrich Schönbein im Jahr 1846 machte, als er ein verschüttetes Gemisch aus Schwefelsäure und Salpeter mit einer Baumwollschürze aufwischte. Er ließ die Schürze trocknen, und sie explodierte – die Schießbaumwolle war entdeckt. Noch bedeutsamer indes war die Entdeckung, daß die Zellulose im Baumwollstoff zu Nitrozellulose geworden war, die im Gegensatz zur reinen Zellulose löslich ist.

Damit war Schönbein auf das erste Zellulose-Umwandlungsprodukt gestoßen, das man als Rohstoff für Kunstseide und Plastik verwenden konnte. Diese unbeständige Verbindung interessierte jedoch vorderhand nur als Sprengstoffmaterial, bis 1868 der Amerikaner J. W. Hyatt einen Preis von 10 000 Dollar für die Erfindung einer Billardkugel aus Nitrozellulose und Kampfer erhielt. Der erste Kunststoff war geboren – das Zelluloid.

Zellulosenitrat wurde zum erstenmal 1883/84 von Sir Joseph Swan zu Kunstseide verarbeitet: Er spann die Substanz zu Garn, das er, um die Entflammbarkeit zu vermindern, denitrierte und dann als Glühfaden für

elektrische Glühlampen gebrauchte. 1892 patentierten drei englische Chemiker – Cross, Bevan und Beadle – ein weiteres Verfahren zur Löslichkeit von Zellulose: ihre Umwandlung in Natriumxanthogenat, kurz Xanthat – das Ausgangsmaterial für Viskose.

In den nächsten Jahren wurde dieses Material verbessert, so daß es zu Fäden versponnen oder zu Folien gepreßt werden konnte. Zwei Jahre nach der Patentierung des Viskoseverfahrens entdeckten Cross und Bevan eine andere lösliche Zellulosesubstanz, die sich zu Garn oder Plastik verpressen ließ – die Azetylzellulose.

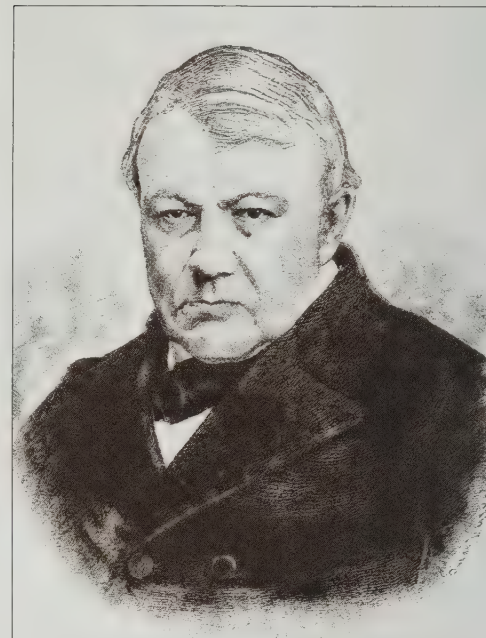
Als letztes wichtiges Abwandlungsprodukt der natürlichen Zellulose wurden die Zelluloseäther entwickelt. Die Zellulose-derivate werden heute – von der Leim- bis zur Lebensmittelherstellung – in einer Vielzahl von Fertigungsverfahren eingesetzt.

Anfangs wurden Zellulosederivate – Viskose, Äther, Azetat und Nitrat – ausschließlich aus Baumwoll-Linters hergestellt. Dieser Rohstoff vermochte jedoch den steigenden Bedarf nicht lange zu decken und wird heute nur noch für Spezialzwecke gebraucht.

Die Chemiefaserindustrie bezieht Holz-zellstoff als relativ reine Substanz in Form von Blättern, die wie dickes Löschpapier aussehen. Bei der Herstellung von Viskose für Garn und Folien wird der Zellstoff zunächst mit Natronlauge alkalisiert – die Zellulose in Alkalizellulose verwandelt –, nach der Entwässerung zu einer flaumigen Substanz von krümelartiger Beschaffenheit zerkleinert und dann mit Schwefelkohlenstoff behandelt. Das entstehende Xanthat ergibt, in verdünnter Natronlauge gelöst, die zähflüssige, honiggelbe Spinnlösung Viskose, die, nach Filterung und sorgfältiger Kontrolle des Feuchtigkeitsgehalts, zu Fäden oder Folien gepreßt wird.

Unten 1846 wischte der deutsche Chemiker Schönbein verschüttetes Schwefelsäure/Salpeter-Gemisch mit einer Baumwollschürze auf. Beim Trocknen explodierte die Schürze, weil sich die Zellulose in lösliche, aber

hoch unbeständige Nitrozellulose umgewandelt hatte. Zunächst maß man dieser Substanz nur als Sprengstoffmaterial Bedeutung bei; später wurden auch Plastik und Fasern daraus gefertigt.



## DIE ZELLULOSEHERSTELLER

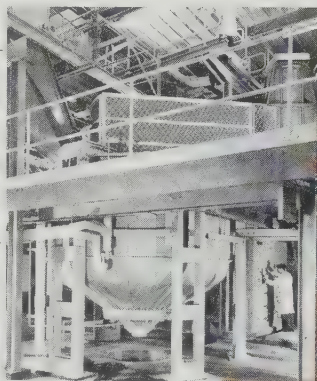
Früher benutzten die Hersteller von Zellulose-kunststoffen und -fasern ausschließlich Baumwoll-Linters. Mit steigender Nachfrage nach Zellulose-produkten wurde mehr und mehr Holz Zellstoff herangezogen, und heute macht er den Hauptteil des Zellulose Rohmaterials aus. Bis vor kurzem gewann man Zellstoff vorwiegend aus Fichten, Monterey-Kiefern, Hemlocktannen und einigen Nadelhölzern, neuerdings auch aus südafrikanische Eukalypten.

Amerikanische  
Amerikanische



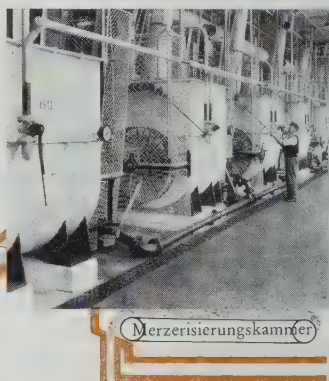
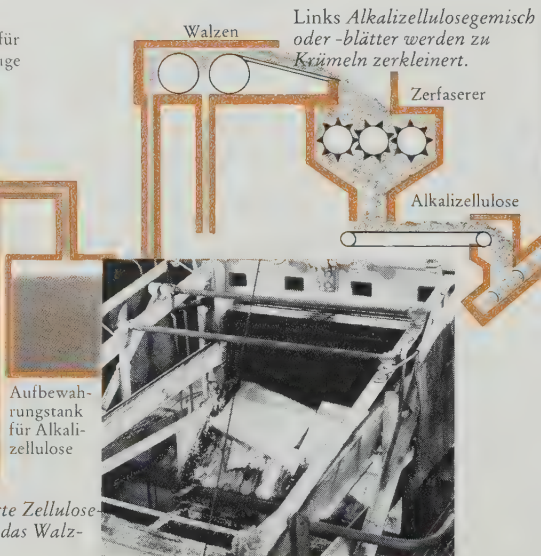
## VISKOSE

Viskose – Zellulose-Natrium-Xanthogenat – ist einer der wichtigsten chemischen Rohstoffe für Folien und Reyon-Fasern. Sie wird manchmal aus Baumwoll-Linters – den kurzen Fasern, die beim Entkörnen auf der Egreniermaschine an den Baumwoll-samen hängenbleiben –, häufiger jedoch aus Zellstoff mit hohem Zellulosegehalt hergestellt. Die modernen Produktionsverfahren fußen auf Experimenten, die 1892 von den englischen Chemikern Cross, Bevan und Beadle durchgeführt wurden.



Löseessel

Meßtank für  
Natronlauge



Merzerisierungskammer

Oben rechts Holz Zellstoff wird in großen Löseesseln fortlaufend in Alkalizellulosegemisch verwandelt.

Oberes Bild Die Krümel werden in Merzerisierungsbältern geleitet, wo man sie zur «Nachreifung» dem Lu-sauerstoff aussetzt. In modernen Werken gibt es Nachreifungskammern (unteres Bild).



## WELTERZEUGUNG UND -HANDEL VON HOLZZELLSTOFF FÜR DIE INDUSTRIE

Viskose, Zelluloseäther, Azetyl- und Nitrozellulose werden zu einem Großteil aus lösungsfähigem Zellstoff hergestellt, für den vorwiegend das Sulfat angewendet wird. Südafrika erzeugt zwar in steigendem Maß Zellstoff, aber die USA sind nach wie vor der weltgrößte Produzent von Zellstoff für Zellulose.



Die Gewinnung von Zelluloseäthern beginnt ebenfalls mit der Umwandlung von Holz Zellstoff zu flaumigen Alkalizellulose-Krümeln. Diese Körner werden getrocknet und dann mit Verbindungen wie Methylchlorid in Methylzellulose oder mit chloressigsaurem Natrium in Karboxymethylzellulose übergeführt.

Um Azetylzellulose (Zelluloseazetat) herzustellen, zerfasert man den Zellstoff, vermischt ihn mit einer Menge Essigsäure, die seinem Eigengewicht entspricht, und fügt dieser Masse Essigsäureanhydrid bei. Durch Einwirkung des Essigsäureanhydrids auf den Zellstoff entsteht, in Gegenwart eines Katalysators und eines Lösungsmittels, eine fast vollständig azetylierte Zelluloselösung, das Zellulose-Triacetat. Wird diese Lösung mit Wasser vermischt, sorgfältig gewaschen und getrocknet, so erhält man Zellulose-Triacetat in Granulatform. Zur Herstellung von Azetat wird das zähflüssige Triacetat teilweise zurückverseift – die Azetylierung partiell rückgängig gemacht –, ehe man der Lösung das Wasser entzieht.

Nitrozellulose wird ebenfalls in verschiedenen Stärkegraden gefertigt: Je nach Verwendungszweck des Endproduktes liegt die Nitrierung zwischen sechzig und neunzig Prozent. Der gereinigten, aus Holz Zellstoff oder Linters gewonnenen Zellulose wird eine Mischnitriersäure (Schwefelsäure, Salpetersäure) und, je nach erforderlichem Nitrierungsgrad, ein bestimmter Anteil Wasser zugesetzt, die Substanz nach der chemischen Reaktion in einem Wassertank «versenkt» und zur Stabilisierung des Feuchtigkeitsgehaltes gekocht. Nach einem eventuellen Bleichprozeß gelangt das Produkt zur Entwässerung in ein Alkoholbad, ehe es verpackt und an den Hersteller von Nitrozellulose-Kunststoffartikeln versendet wird.

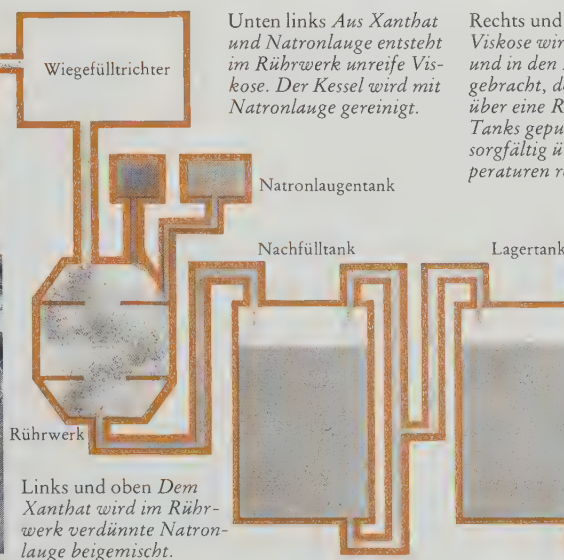
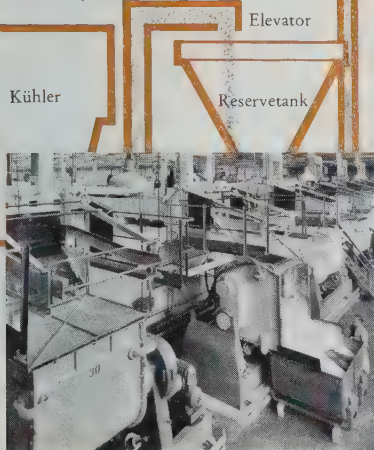
Fichte

Monterey-Kiefer

Hemlocktanne

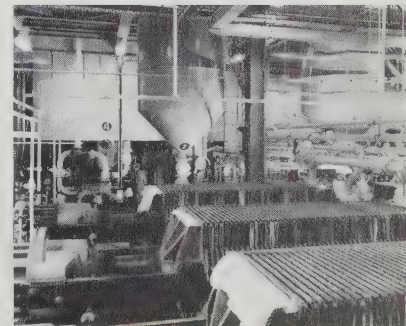
Eukalyptus

Unten Die nachgereifte Alkalizellulose wird gekühlt, über Rohre in Lösekessel mit Rührwerk geleitet und mittels Schwefelkohlenstoff in Xanthat verwandelt (unteres Bild).



Unten links Aus Xanthat und Natronlauge entsteht im Rührwerk unreife Viskose. Der Kessel wird mit Natronlauge gereinigt.

Rechts und unten Die unreife Viskose wird homogenisiert und in den Nachreifungsraum gebracht, dort gefiltert und über eine Rohrleitung in Tanks gepumpt, wo sie bei sorgfältig überwachten Temperaturen reift.





# Kunststoffe und Textilien

Zellulose, einmal als «chemischer Stoff, der in der Natur wächst» beschrieben und aus den Wäldern der Erde gewonnen, ist eine reichlich vorhandene, erneuerbare und äußerst vielseitige Substanz. Die aus den Um- und Abwandlungsprodukten der Zellulose – Viskose, Zellulosezetat, -triazetat, -nitrat und -äther – gefertigten Güter reichen von Fasern und Plastik über Farben bis zu Sprengstoff. Einer der bedeutendsten Zweige der Zelluloseindustrie ist die Produktion von Chemiefasern, die trotz der großen Auswahl anderer Kunstfasern einen beträchtlichen Teil des Textilmarktes beherrscht.

Wesentliches Instrument der Zellulosefaserindustrie sind die Düsen, durch die man die zähflüssige Spinnlösung preßt, um Fäden zu erhalten. Bei der Herstellung von Viskose-Endlosfasern, Reyon, wird die Xanthogenatlösung nach diesem Preßvorgang in ein Säurefällbad mit Salzzusatz geleitet, in dem

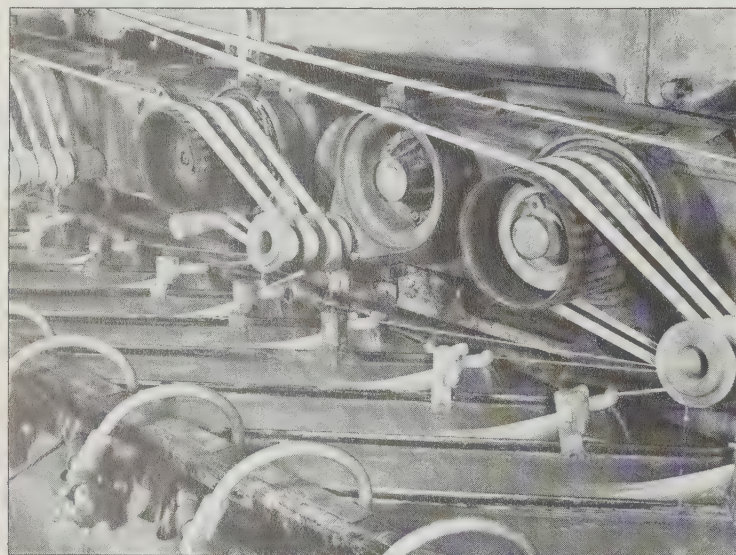
sie durch den Entzug des Lösungsmittels und durch Zersetzen des Xanthogenats zu Zellulosefäden erstarrt. Azetat und Triazetat werden ebenfalls in gelöster Form gepreßt; die entstehenden Fäden erhärten bei der Verdunstung des Lösungsmittels und brauchen daher keine Behandlung im Säurebad.

Früher wurden Stoffe auf Zellulosebasis direkt aus den Endlosfäden gewebt. In den dreißiger Jahren führte man jedoch die Zellwolle oder Stapelfaser ein, zu deren Fertigung der Endlosfaden auf «Stapel» geschnitten und nach dem Baumwoll- oder Kammgarnverfahren zu Garn versponnen wird. Seither sind Viskosegarne in verschiedenster Ausführung entstanden. Die normalen Endlosgarne werden vorwiegend für Kleider- und Dekorationsstoffe verwendet, Zellwolle auch zur Teppichherstellung. Unter den Spezialgarne gibt es hochfeste, ermüdungstüchtige Fasern für Autoreifeneinlagen und

Transportbänder sowie weiche, saugfähige Fasern, aus denen man Verbandstoff erzeugt.

Azetatfasern sind feiner und glänzender als Viskose. Sie werden daher selten zu Stapelfasern geschnitten, sondern sind ideal zum Verweben von Endlosfasern zu weichen Kleiderstoffen. Zigarettenfilter werden ebenfalls aus Azetatfasern hergestellt.

Eine weitere traditionelle Verwendung der Zellosederivate ist die Produktion von geformtem Kunststoff. Viskose kann dafür nicht gebraucht werden, da sie sich nicht formen läßt, aber sowohl Nitro- wie Azetylzellulose sind hervorragend für diesen Zweck geeignet. Das aus Nitrozellulose und Kampfer hergestellte Zelluloid war der erste Kunststoff überhaupt und wurde für die verschiedenartigsten Produkte verwendet. Wegen der Entflammbarkeit seines Hauptelements, Nitrozellulose, ist jedoch der Marktanteil von Zelluloid heute nur noch gering.



Links Viskosefasern werden aus Zellulose-Natriumxanthogenat hergestellt. Aus dieser chemischen Substanz, in verdünnter Natronlauge gelöst, entsteht die zähflüssige Spinnlösung, die man Viskose nennt. Zum Ausspinnen wird die Viskose durch Düsen gepreßt. Die Düsen münden in ein Fällbad aus Schwefelsäure und Salzen. Durch die chemische Reaktion dieser Stoffe mit der Viskose erstarrt diese zu Endlosfäden – Reyon. Bei der Herstellung von Zellwolle oder Stapelfasern werden die Fäden zu Strängen zusammengefaßt und auf Stapel geschnitten. Diese Fäden werden gewaschen, getrocknet und zu Garn versponnen.



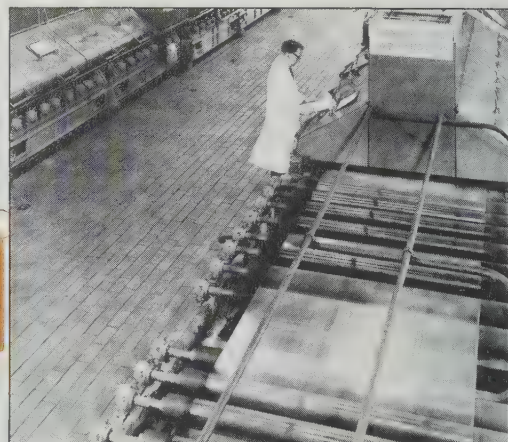
## KUNSTSTOFFFOLIE AUS ZELULOSE

Unten rechts Zur Fabrikation von Klarsichtfolie wird Natriumxanthat verwendet. Eine dickflüssige Lösung dieses Stoffes (Viskose) wird gefiltert.



Oben Die Viskose wird über eine Rohrleitung in den Formmassentank und dann in den Fülltrichter des Extruders gepumpt.

Oben Zur Formung der Folie wird die Viskose durch einen Schlitz aus legiertem Stahl in ein Säurebad gepreßt.



Oben Zur Entfernung der bei der Koagulation entstandenen Nebenprodukte wird die Folienbahn in fast kochendem Wasser

gewaschen, dann chemisch gereinigt und danach der beim Bleichen freigewordene Schwefelkohlenstoff zurückgewonnen.



Dafür hat sich das Zelluloseazetat als Kunststoffmaterial behauptet. Zur Herstellung von Folien verwendet man entweder Blöcke aus diesem Material und schneidet sie auf, oder man benutzt Azetatgranulat, das erhitzt, spritzgegossen und dann durch Walzen auf die gewünschte Dicke gebracht wird. Das geschmolzene Granulat läßt sich auch in Gießmodeln zu den unterschiedlichsten Formen verarbeiten. Viele Gegenstände, die im täglichen Leben eine wichtige Rolle spielen, sind aus Azetylzellulose gefertigt: Brillengestelle und Schraubenzieher, Kämme und Zahnbürsten, Automobil-Lenkräder, Lampenschirme, und Stricknadeln, Spielzeug und Knöpfe. Zellulosekunststoff läßt sich gut bearbeiten, einfärben und ist seiner Bruchfestigkeit wegen beliebt.

Kunststoffklarsichtfolien sind wohl die gängigsten Artikel aus Zelluloseplastik. Für diesen Zweck ist Viskose das weitaus ge-

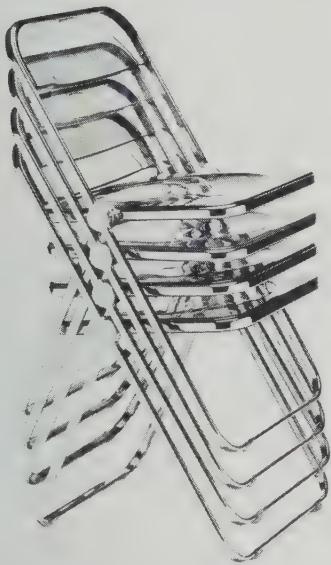
bräuchlichste Material. Zum Formen der Folien wird das Xanthat durch einen langen schmalen Schlitz in ein Bad aus Schwefelsäure und Natriumsulfat gepreßt und dieser Formstoff über Walzen in eine Reihe von Bädern geleitet, wo er gewaschen, gebleicht, mit einem Weichmacher wie Glycerin und einem Haftmittel behandelt wird, wenn man die Folien nachträglich beschichten will. Zum Schluß durchläuft die Folienbahn einen Trocknungsapparat.

Ein Großteil der erzeugten Folien wird mit einer Nitrozellulose- oder Polymerisatbeschichtung naßfest und heißsiegelungsfähig gemacht.

Da Zellulosefolie für die verschiedenartigsten Verpackungszwecke gebraucht wird, stellt man sie in unterschiedlichen Ausführungen her, damit sie den mannigfaltigen Ansprüchen von Verpackungsgut und Klima zu genügen vermag.

Zur Herstellung von besonderen Folien sowie von Filmen werden auch Azetyl- und Nitrozellulose verwendet. Zellulose-Triazetat ist Ausgangsmaterial für die meisten Filme. Azetylzellulose-Folien werden für Ton- und Bildaufnahmembänder, Klebstreifen und auch als Packmaterial gebraucht.

Die Zelluloseäther, unter denen Karboxymethyl-Zellulose wohl der bekannteste ist, werden für die vielfältigsten Zwecke verwendet, so zur Herstellung von Tapetenkleister, als Verdickungs-, Binde- und Stabilisierungsmittel in Shampoos und Zahnpasten sowie als Verdickungs- und Dispergierungsmittel in Getränken, Süßwaren und ähnlichen Produkten. Emulsionsfarben, Blei- und Farbstiftminen und viele pharmazeutische Artikel enthalten Zelluloseäther, die auch bei industriellen Fertigungsprozessen wie der Stoff-, Papier- und Lederverarbeitung eine bedeutende Rolle spielen.



Links Azetyl- und Nitrozellulose werden zur Herstellung einer breiten Produktpalette gebraucht, von Werkzeuggriffen bis zu leichten, aber robusten Stühlen. Artikel wie Federhalter werden im Spritzgußverfahren oder aus Granulat in Gießformen hergestellt.

Rechts Die «Sopwith camel» war, wie andere Holzrahmenflugzeuge, mit lackierter Leinwand überzogen. Im Ersten Weltkrieg entstand ein dringender Bedarf an nicht entflammbarem Firnis. Die Forschung entwickelte die Azetylzellulose — nicht nur als Firnis, sondern als Rohstoff für die Faser- und Kunststoffindustrie.

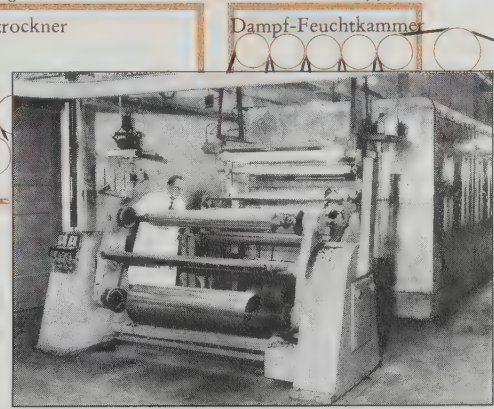
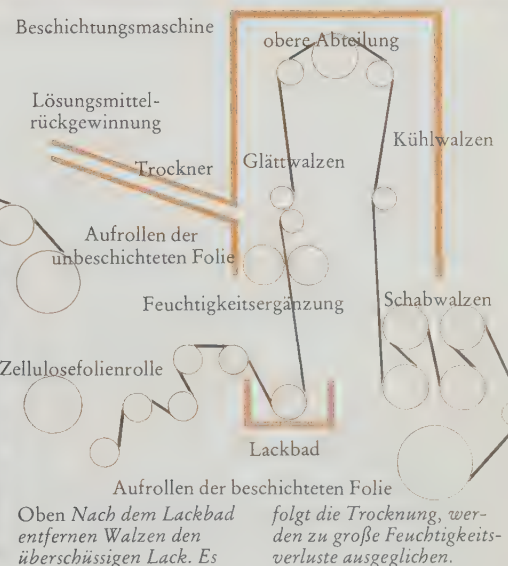


Unten Nach dem Bleichen wird die Kunststoffbahn mit Wasser gewaschen und das spröde, starre Material mit Mitteln wie Glycerin oder Glykolen weichgemacht.

Unten Der Wassergehalt der Folie beträgt jetzt das Dreifache ihres Eigengewichts. Der Großteil des Wassers wird ihr beim Durchlauf durch erhitze Walzen entzogen, die sich

in einem den Feuchtigkeitsgrad messenden Heißlufttrockner befinden. Dann wird die Folie in eine Feuchtkammer geleitet und zum Schluß aufgerollt.

Unten rechts Die meisten Zellulosefolien werden mit Nitrozellulose oder Polymerisaten beschichtet. Dieser Überzug ermöglicht das Heißsiegeln der Folie und macht sie naßfest.



Rechts Am Ende des Preßvorgangs wird die Folie auf Spulen aufgewickelt. Zu vor überprüft ein Automat, ob Gewicht, Stärke und Feuchtigkeitsgehalt der Folien den erforderlichen Daten entsprechen.



# Holzkohle



Oben In der Dritten Welt wird Holzkohle heute noch in verschiedenen Spielarten des traditionellen Meilers gebrannt, der in den Industrieländern längst durch Metall- oder gemauerte Öfen, Retorten und Hochöfen ersetzt wurde. Der herkömmliche Meiler hatte einen Durchmesser von rund 4,5 Metern; Holz von einem bis zwei Metern Länge wurde dicht um einen aus Stangen

errichteten, mit leicht brennbarem Material angefüllten Feuerschacht – Quandel – aufgeschichtet und mit einer feuerfesten Decke aus grünem Reisig, Rasen und Erde bedeckt. Der fertige Meiler wurde im Quandel angezündet und der Feuerschacht darauf abgedichtet. Durch das tagelang schwelende Feuer wurde das Holz verkohlt.

Holzkohle ist Holz mit einem hohen Gehalt an Kohlenstoff, der sich durch Erhitzen des Holzes bei beschränktem Luftzutritt bildet. Die Köhlerei ist seit sechstausend Jahren bekannt und damit der vermutlich älteste Zweig der auf Holz basierenden chemischen Industrie. In diesem Zeitraum war Holzkohle weltweit ein wichtiger Rohstoff zum Verhütten von Erz, bis im 18. Jahrhundert der Koks ihre Rolle bei der Metallgewinnung übernahm.

Bis zu diesem Zeitpunkt indes führte ein stetig ansteigender Bedarf an Holzkohle zur Verwüstung großer Teile der Wälder Europas, insbesondere in Landstrichen mit Eisenerzlagerstätten und reichen Beständen der drei bei uns heimischen Bäume, die sich am besten für die Erzeugung von Holzkohle zur Erzverhüttung eignen: Erle, Edelkastanie, Eiche.

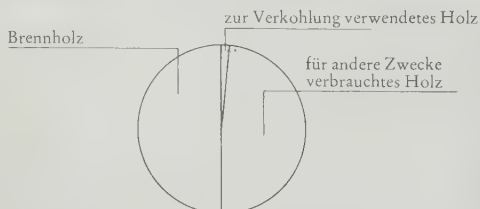
Die Qualität der Holzkohle hängt von der Holzart ab, aus der sie besteht. Holzkohle aus Laubholz ist schwerer und ganz allgemein besser als die aus Nadelholz. Bestimmte Baumarten liefern Holzkohle, die für einen speziellen Zweck besonders vorteilhaft ist. So wird in Indien die aus bestimmten Bäumen gewonnene Holzkohle vorzugsweise für die Eisenverhüttung, die anderer Bäume für die Kalkbrennerei oder zur Schießpulverherstellung und wieder anderer zum Schmieden von Gold verwendet. In den Tropen wird Industrieholzkohle hauptsächlich aus raschwüchsigen Arten von Eukalyptus erzeugt; da sie aber schnell verbrennt, mischt man sie häufig mit dem härteren Produkt aus Arten von *Acacia*. In Australien wird eine der besten Holzkohlen zur Hochofenfeuerung aus dem sehr harten Holz von *Eucalyptus marginata* gewonnen, und in Europa soll der Faulbaum, *Rhamnus frangula*, die beste Holzkohle hervorbringen.

## ERZEUGUNG UND HANDEL

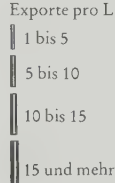
Jährlich gelangen weniger als 300 000 Tonnen Holzkohle auf den Weltmarkt. Rund ein Drittel dieser Menge wird in Südostasien hergestellt; die USA zählen ebenfalls zu den weltgrößten Ausfuhrländern. Der Großteil der gebrannten Kohle wird nicht gehandelt, sondern von

Kleinherstellern erzeugt und an Ort und Stelle verbraucht, insbesondere in der Dritten Welt. Über die Hälfte des jährlichen Holzeinschlags wird verheizt; davon werden vielleicht zwei Prozent oder über drei Millionen Tonnen in Holzkohle umgewandelt.

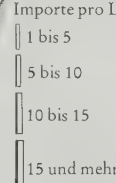
## WELTVERBRAUCH VON HOLZKOHLE



Exporte pro Land in % der Weltgesamtziffer



Importe pro Land in % der Weltgesamtziffer





In Entwicklungsländern und in den Tropen wird Holzkohle noch immer im traditionellen Meiler gebrannt, der aus aufgeschichteten, mit Reisig und Erde überkleideten Holzscheiten besteht. Im Westen hingegen wurde dieses zwar billige, aber arbeitsaufwendige Verfahren vollständig durch mechanisierte Methoden verdrängt. Selbst in den Ländern der Dritten Welt wird der Meiler allmählich durch Metallöfen abgelöst, von denen es sogar tragbare Modelle aus Stahlblech gibt. Neuerdings werden auch große gemauerte Öfen hergestellt; sie sind zwar kostspieliger und erfordern permanenten Holznachschub, erzeugen aber ein besseres, gleichförmigeres Produkt als Metallöfen und können mechanisch betrieben werden.

Die Retorte, die eine komplexere Art der Holzverkohlung ermöglicht, ist meist großen Sägewerken angeschlossen, deren Abfallprodukte sie verarbeitet. Retorten kennzeichnen sich dadurch, daß sie Holz bei hoher Temperatur in Holzkohle umsetzen. Sie sind zwar kostspielig in der Installation, haben aber den Vorteil, daß sie die Nebenprodukte der Verkohlung wie Holzeisig, Holzgeist

und Holzteer auffangen. Diese Produkte haben jedoch, zumindest vorübergehend, an wirtschaftlicher Bedeutung verloren, da die entsprechenden Kohle- und Erdölprodukte billiger sind.

Die Holzkohle selbst indes ist keineswegs ein überholtes Produkt. Jährlich gelangen an die 300 000 Tonnen auf den Weltmarkt, aber die Produktion ist weit größer; sehr viel Holzkohle wird, vor allem in der Dritten Welt, von Kleinherstellern erzeugt und sofort verheizt.

Obwohl der Verbrauch an Holzkohle in den Industrieländern relativ gering ist, läßt sie sich für sehr viele Zwecke verwenden. In den letzten Jahren ist sie vor allem als Heizstoff für Grills populär geworden, aber sie kann auch zur Ofenfeuerung gebraucht werden. Im Zusammenhang mit Kalkstein spielt sie eine wichtige Rolle in der Herstellung von gebranntem Kalk und Zement und wird, trotz der Einführung von Koks, von der Metallindustrie heute noch für Spezialzwecke wie die Gewinnung von Kobalt, Magnesium, Arsen und Antimon verwendet, bei der Stoffumsetzer mit hohem Reinheitsgrad erforderlich sind.

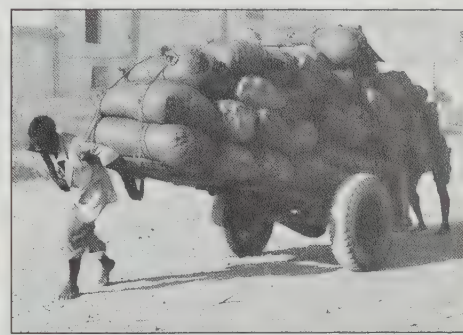
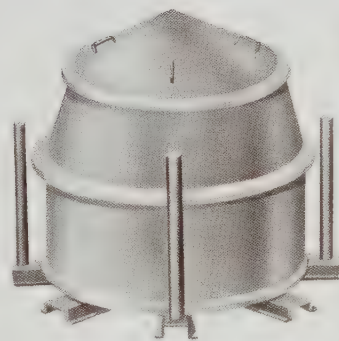
In der Landwirtschaft wird sie als Heizstoff für das Trocknen von Fisch, Hopfen und Tabak gebraucht, im Gartenbau als Mulch für Rasen und Blumenbeete. Wenn sie in einen chemisch aktiven Zustand versetzt wird, läßt sie sich dank ihrer großen Reaktionsfähigkeit noch für weit mehr Zwecke verwenden, so zur Reinigung von Wasser, Luft und Abwässern und zur Beseitigung von Überdosen an Schädlings- und Unkrautvergiftungsmitteln. Außerdem wird aktivierte Holzkohle in der Nahrungsmittel- und Weinindustrie zum Entfärben und Desodorieren verwendet. In der Medizin gebraucht man sie als Gegengift bei Drogenvergiftung.

Holzkohle wird als Pigment für Drucktinten, Farben und Gummi und als Rohstoff für Feuerwerkskörper und Schießpulver verwendet, neuerdings auch zur Imprägnierung von Tuch für chirurgische Zwecke.

Zweifellos sind dieser äußerst vielseitigen Substanz noch viele andere Verwendungsmöglichkeiten vorbehalten, aber es ist denkbar, daß ihre größte künftige Bedeutung in der Nutzung als sich ständig erneuernde Energiequelle liegt.

#### DER TRAGBARE BRENNOFEN

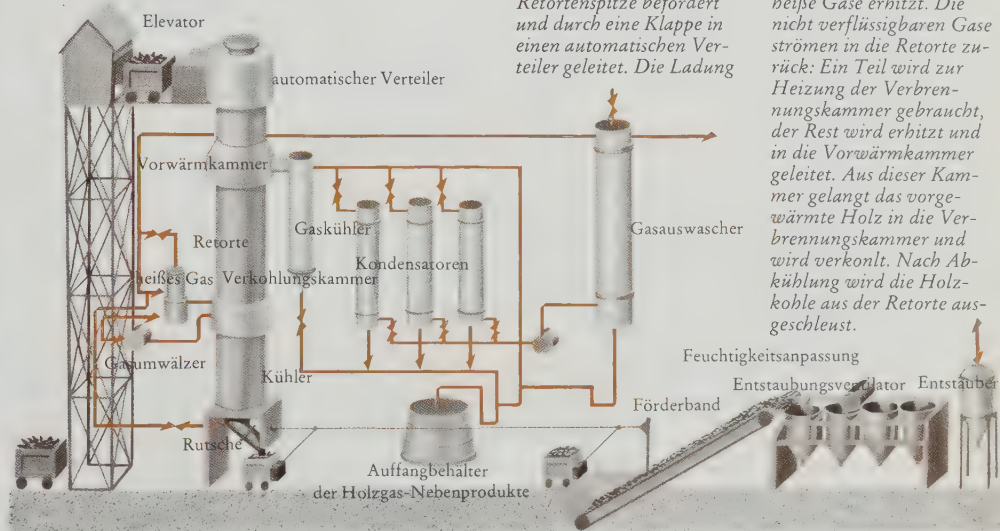
Was für den Großproduzenten Retorte oder Meiler, sind für den Kleinhersteller tragbare Öfen. Sie lassen sich rasch abbauen und von einem Verwendungsort zum nächsten schaffen. Hersteller in der Dritten Welt befördern das leichte Fertigprodukt häufig per Fahrrad oder Anhänger zu ihrer ausschließlich ortsansässigen Kundschaft.



#### DIE PERIODISCH ARBEITENDE LAMBIOTTE-RETORTE



Oben Solche Retorten sind in Teilen Europas und der USA in Betrieb. Nebenprodukte des Holzgases liefern den Brennstoff für Verbrennungs- und Trocknungsöfen.



Links Das vorgetrocknete Holz wird per Elevator zur Retortenspitze befördert und durch eine Klappe in einen automatischen Verteiler geleitet. Die Ladung

gelangt in eine zweite Kammer und wird durch heiße Gase erhitzt. Die nicht verflüssigbaren Gase strömen in die Retorte zurück: Ein Teil wird zur Heizung der Verbrennungskammer gebraucht, der Rest wird erhitzt und in die Vorwärmkammer geleitet. Aus dieser Kammer gelangt das vorgewärmte Holz in die Verbrennungskammer und wird verkokt. Nach Abkühlung wird die Holzkohle aus der Retorte ausgeschleust.

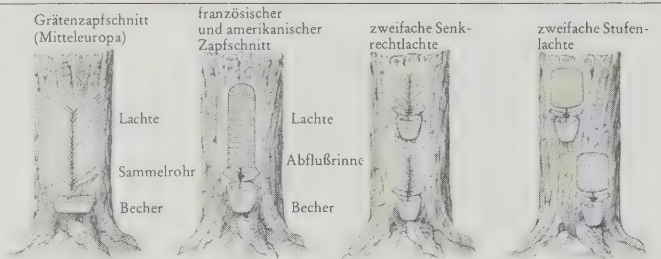


# Kiefernharz



## SNITTZE ZUM ZAPFEN VON KIEFERNHARZ

*Terpentinhaltiges Rohharz bildet sich in einem System von Harzkanälen im Holz von Kiefern. Es wird gewonnen, indem man Borke vom Stamm wegschneidet und so winzige Gänge dicht unter der Rinde durchtrennt. Metallrinnen leiten das ausfließende Harz in Becher.*



Die alten Ägypter benutzten das Harz bestimmter Pinusarten zum Abdichten ihrer Mumiensärge, während die Griechen im 1. Jahrtausend vor Christus die Eignung dieser Säfte für den Schiffbau erkannten. Sie gebrauchten Harz — ursprünglich den Balsam der Terebinthe — zur Kalfaterung der hölzernen Schiffe, die sie vor einer Invasion der Perser schützten — eine Gefahr, die wie ein Damoklesschwert über ihrem Stadtstaat hing.

Kiefernharze erlangten im europäischen Schiffbau bleibende Bedeutung. Damit die seefahrenden Völker des Mittelalters Tausend und Decks der Schiffe ihrer wachsenden Flotten wasserfest machen konnten, waren sie auf den Nachschub von Rohharz — oder Pech — angewiesen.

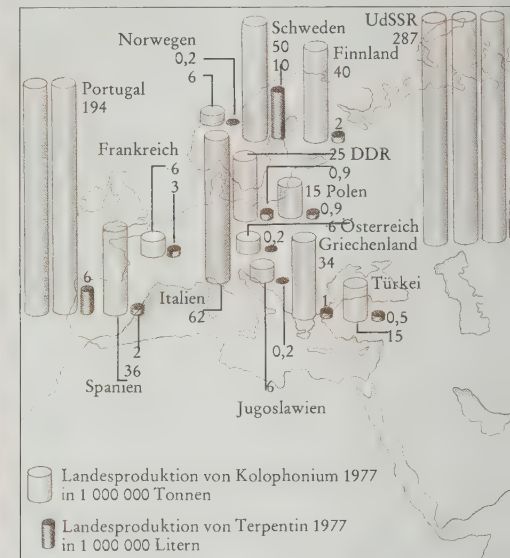
Bis zum 17. Jahrhundert stammte der Hauptteil der in Europa verwendeten Kiefernharze aus den dichten Föhrenwäldern rund um die Ostsee. Doch im späten 17. Jahrhundert blockierte der Seekrieg zwischen den Niederlanden und England die Handelsrouten, und die Lieferungen gingen drastisch zurück. Dieser Umstand und das Transportmonopol, das die schwedischen Harzerzeuger innehatten, veranlaßte die Seemacht England, ihr Kalfaterungsmaterial aus Amerika zu beziehen.

Die Harzgewinnung wurde zur ersten Exportindustrie der Neuen Welt. Bereits 1608 stellten Siedler in Virginia kleine Men-

Unter Der Ausbruch des Seekrieges zwischen England und Holland im Jahr 1652 legte der Harznachschub von der Ostsee nach England lahm. Dieser Umstand veranlaßte England, Harz aus Amerika zu beziehen.

Unter Über 80 Prozent der Erzeugung von Terpentin und Kolophonium in den USA entstehen als Nebenprodukt des Sulfatverfahrens in der Papierproduktion, während man in China große Mengen von Terpentin

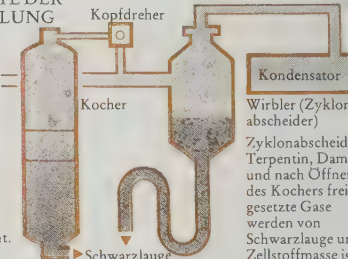
durch das Anschneiden von Kiefern gewinnt. In den Teilen Afrikas jedoch, wo es geeignete Bäume und ein großes Arbeitskräfteangebot gibt, sind Versuche, eine Terpentinindustrie aufzubauen, gescheitert.



## NEBENPRODUKTE DER PAPIERHERSTELLUNG

Kocher: Druck, Hitze und chemische Lösungsmittel bereiten die Holzspäne zu Zellstoff auf.

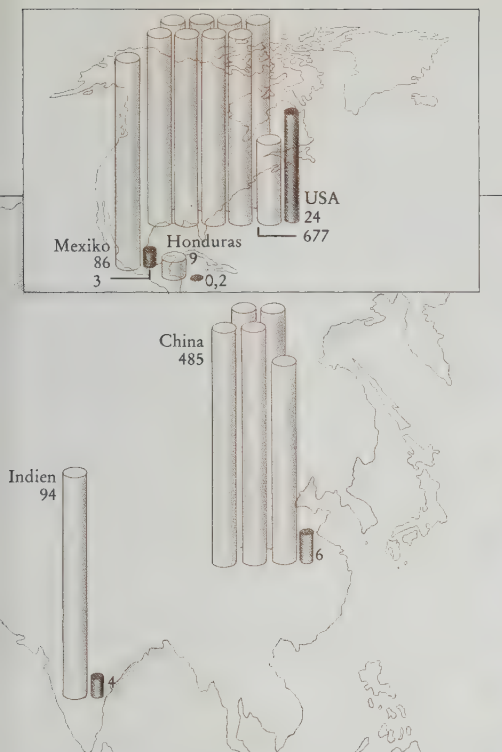
Schwarzlauge: wird nach dem Kochprozeß aus dem Kocher entfernt und ihr Gehalt an Tallöl von den Lösungsmitteln getrennt.



Oben Terpentin und Kolophonium können aus zerfasertem, zur Papierherstellung verwendetem Kiefernholz isoliert werden. Das Sulfatverfahren ermöglicht das Auffangen dieser Stoffe als Nebenprodukte des Papiers.



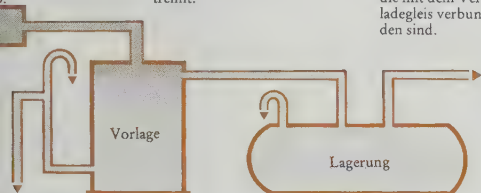




ondensor:  
entt Dampf  
nd Terpent  
o.

Vorlage: Das Ter-  
pentin ist vom  
Wasserdampf abge-  
trennt.

Lagerung: Das Ter-  
pentin wird in  
Tanks gespeichert,  
die mit dem Ver-  
ladegleis verbun-  
den sind.



Unten Diese Goldkiefern kann man, wie andere Balsam-  
harz erzeugende Bäume warmtemperierter Zonen, nur  
im Spätfrühling und Sommer anzapfen, wenn das Harz  
flüssig genug ist, um aus der Lachte auszutreten.

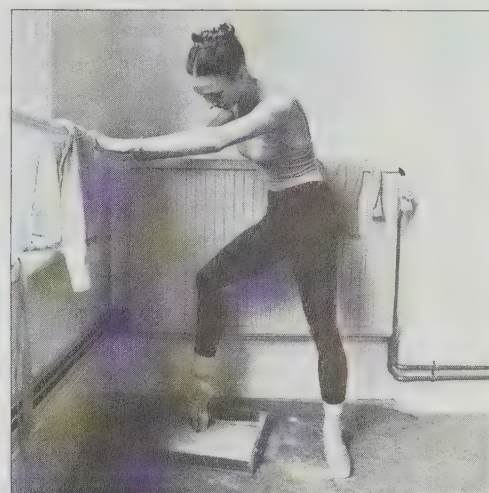


Unten Terpentin ist wegen  
seines Gehalts an bestimm-  
ten chemischen Substan-  
zen – den Pinenen – ein  
wichtiger Rohstoff für die  
Parfümerie. B-Pinen wird  
zur Herstellung künstli-  
cher Duftstoffe gebraucht.  
Das aus der in Neuseeland

gepflanzten Monterey-Kie-  
fer (rechts) gewonnene  
Terpentin enthält 65 Pro-  
zent B-Pinen. Dextro-  
Pinen, ebenfalls in der Par-  
fümerie wichtig, stammt  
von der griechischen Alep-  
pokiefer (rechts außen).



Oben Durch Beifügen von Pinienharz, Retsina, ent-  
steht der besondere Geschmack dieses berühmten grie-  
chischen Weins. Die Retsinierung des Weins ist in  
Griechenland alte Tradition.



Oben Tänzer pflegen ihre Schuhsohlen vor dem Auf-  
tritt mit Kolophonium einzureiben. Die Eigenheit die-  
ser Substanz, glatte Oberflächen aufzurauben, machen  
sich auch Geiger für ihre Bogen zunutze.

eine dünne Borkenschicht vom Stamm weg-  
schneidet; aus dieser «Lachte» fließt das Harz  
durch am Baum befestigte Abflußrinnen in  
Auffanggefäße, die unterhalb der Rinne auf-  
gehängt sind. Durch sorgfältiges Bemessen  
der Einschnittstiefe ist es möglich, eine Kie-  
fer während ihrer gesamten natürlichen Le-  
bensdauer zur Harzerzeugung anzuregen.

Abzapfen blieb die wichtigste Methode  
der Harznutzung, bis man im 19. Jahrhun-  
dert ein neues Verfahren der Gewinnung von  
Terpentin und Kolophonium erfand. Dabei  
werden die zu Spänen zerkleinerten Wurzel-  
stöcke längst geschlagener Kiefern durch  
extraktive Destillation mit chemischen Lö-  
sungsmitteln in die beiden Bestandteile ge-  
trennt. Diese Methode ermöglichte die Ver-  
arbeitung bislang ungenutzten Kiefernholzes.

Nach 1940 wurde in den Vereinigten  
Staaten eine weitere Möglichkeit der Gewin-  
nung von Harzbestandteilen entdeckt: Die  
Papierproduzenten stellten fest, daß man bei  
der Herstellung von Zellstoff aus Kiefern-  
holz nach dem Sulfatverfahren (siehe Seiten  
182/183) Terpentin und Kolophonium als  
Nebenprodukte auffangen kann. Das Sulfat-  
zellstoffverfahren ist heute die wichtigste  
Quelle für Kiefernharzderivate.

Obwohl im Schiffbau nicht mehr ver-  
wendet, sind Kiefernharze weltweit wichtige  
Rohstoffe für die Herstellung einer Vielzahl  
von Gütern. Das meiste Kolophonium wird  
in der Papierindustrie zum Leimen von Pa-  
pier gebraucht, damit es sich bedrucken läßt,  
ohne daß die Druckerschwärze schmiert. Be-  
trächtliche Mengen an Kolophonium werden  
als Trocknungsmittel in Lacken, Farben und  
anderen Anstrichprodukten verwendet. Man  
benutzt es auch bei der Herstellung von  
Druckerschwärze, Gummi, Seifen, Reini-  
gungsmitteln und Klebstoff, ebenso bei der  
Aufbereitung verschiedener Mineralerze,  
wie Eisen, Phosphat, Kalkstein, Mangan,  
Glimmer und Feldspat.

Früher wurde Terpentin hauptsächlich  
als Farblöser verwendet, doch seit der Ein-  
führung synthetischer Lösungsmittel spielt  
es nur noch bei der Herstellung von Spezial-  
farben und -lacken eine Rolle. Terpentin ist  
heute vorwiegend Lieferant gewisser Che-  
mikalien, die in ihm enthalten sind – der Pi-  
nene. Diese wertvollen chemischen Substan-  
zen sind ein wichtiger Rohstoff für eine  
große Anzahl von Industrieprodukten, da-  
runter Parfums, Desinfektionsmitteln, Nah-  
rungsmittelkonserven und Aromastoffen.



# Harze und Öle



Oben Abzapfen von Milchsaft zur Gewinnung von Chiclegummi, dem Hauptbestandteil des Kaugummis, vom Chicozapote-Baum, der in den Regenwäldern Guatemalas wächst. Der Saft wird eingedickt und dann per Flugzeug befördert.

Harze und Öle haben stets eine wichtige Rolle in der Nahrungsmittel-, Parfüm- und Seifenherstellung gespielt, aber in neuerer Zeit sind sie dank ihrer einzigartigen Eigenschaften wesentliche Ingredienzien vieler Industrieprodukte: Während sich Gummiharze — die eingetrockneten Milchsaft einiger Pflanzen — in Wasser lösen oder zu gelartigen Massen aufquellen, sind gewöhnliche Harze und Öle meist wasserunlöslich.

Die meisten Harze sind Flüssigkeiten, die langsam aus der Borke von Stämmen und niedrigen Zweigen herausickern. Die Bäume werden gewöhnlich durch absichtliche Verwundung zur Mehrerzeugung dieser Exkrete angeregt.

Man hat sich über die Frage gestritten, warum und wie Bäume diese kostbaren Säfte erzeugen. Die besten Saftproduzenten sind wildwachsende Hölzer; in der Kultivation ist die Saftabgabe gering. Offenbar sind manche Pflanzenschleime, beispielsweise *Gummi arabicum*, ausgesprochen pathologische Produkte, die von den Bäumen nur dann gebildet

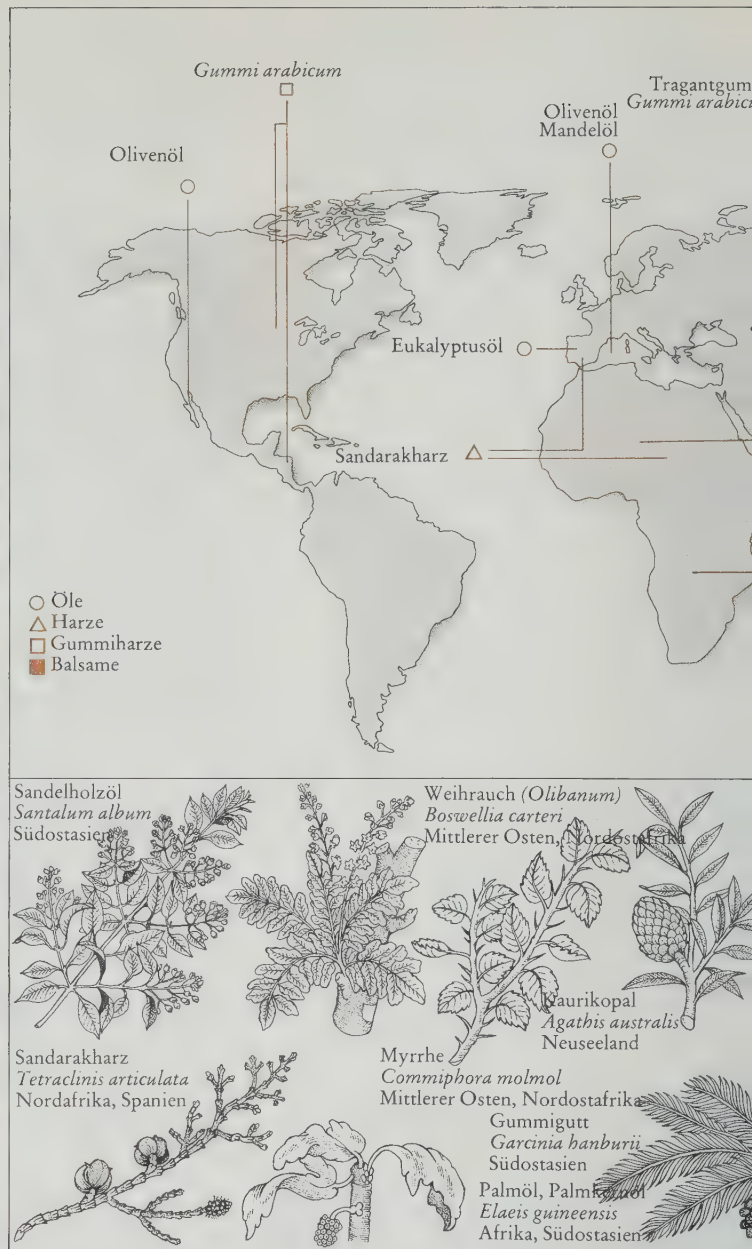
werden, wenn ihre Gewebe als Folge von Trockenheit, unfruchtbarem Boden, Pilz- oder Bakterienbefall nicht gesund sind. Die meisten Harze werden indes als normale Reaktion auf eine Verwundung von besonderen Harzgängen ausgeschieden, damit die Exkrete den Baum durch Verschließen der Wunde vor Austrocknung, Fäulnis und Krankheitskeimen bewahren.

Manche Milchsaft und Harze — die Balsame — sind in ätherischen Ölen gelöst. Diese Öle darf man jedoch nicht mit Reinöl verwechseln. Reinöle werden nicht von einem angeritzten Stamm abgezapft, sondern aus Blättern oder Samen von Bäumen, namentlich Palmen, herausgepreßt. Die Ölpalme, *Elaeis guineensis*, in den feuchteren Tropenzone Afrikas heimisch, ist zur bedeutendsten ölerzeugenden Pflanze geworden. Um den steigenden Bedarf an Palmöl in der Kunststoff-, Schmier- und Nahrungsmittelindustrie zu decken, hat man Ölpalmenplantagen in Afrika und Malaya angelegt, das heute Hauptexporteur dieses Produkts ist.

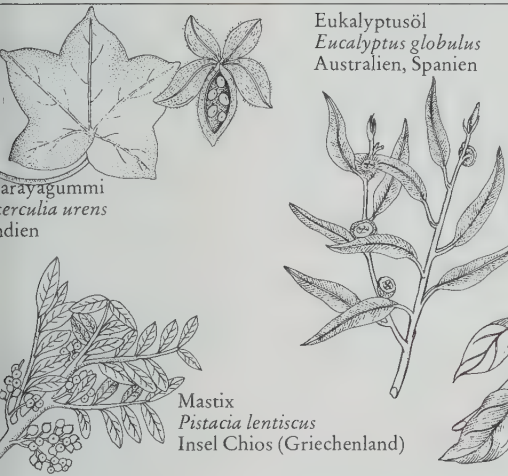
Vor zweitausend Jahren waren Weihrauch und Myrrhe — Balsame von Bäumen, die nur in Nordafrika und Arabien gedeihen — hochbezahlte Luxusgüter.

Da Gummiharze eine ähnliche Zusammensetzung wie Kohlehydrate, einen süßen Geruch und angenehmen Geschmack haben, sind sie ideal als Zusätze in Nahrungsmitteln und Kosmetika. Der Bedarf an hochwertigem Gummiharz — bei der Produktion von Bonbons und Pastillen als Bindemittel, bei der Herstellung von Eiscrème als Emulgator und zur Erzeugung schaumhaltigen Biers verwendet — steigt deshalb weltweit ständig an.

Europa und Amerika beziehen große Mengen von *Gummi arabicum* aus Afrika, wo die kleinen, dornigen Akazien, deren Saft für so viele Zwecke benutzt wird, wildwachsend in verstreuten Arealen vorkommen. Er wurde zuerst von den alten Ägyptern zur Fertigung von Schreibfarben verwendet und ist nach wie vor ein wichtiger Bestandteil schmierfester Wasserfarben. Akaziengummi ist im Kunstdruck heute noch unerlässlich.





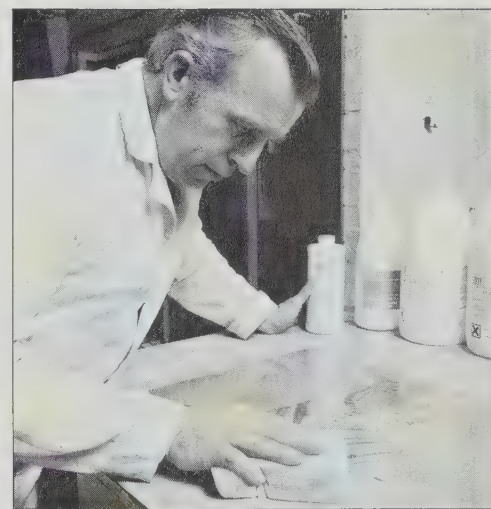


Gummiharze, Harze und Öle werden von einer Fülle verschiedener, in Tropen, Subtropen oder am Mittelmeer heimischer Bäume gewonnen. Zur Familie der Hülsenfrüchtler gehören viele der bekanntesten

Gummiharze erzeugenden Bäume ebenso wie Bäume, die wichtige Handelsharze hervorbringen. Die Zeichnungen (unten) zeigen einige der wichtigsten Bäume, die diese Produkte liefern.



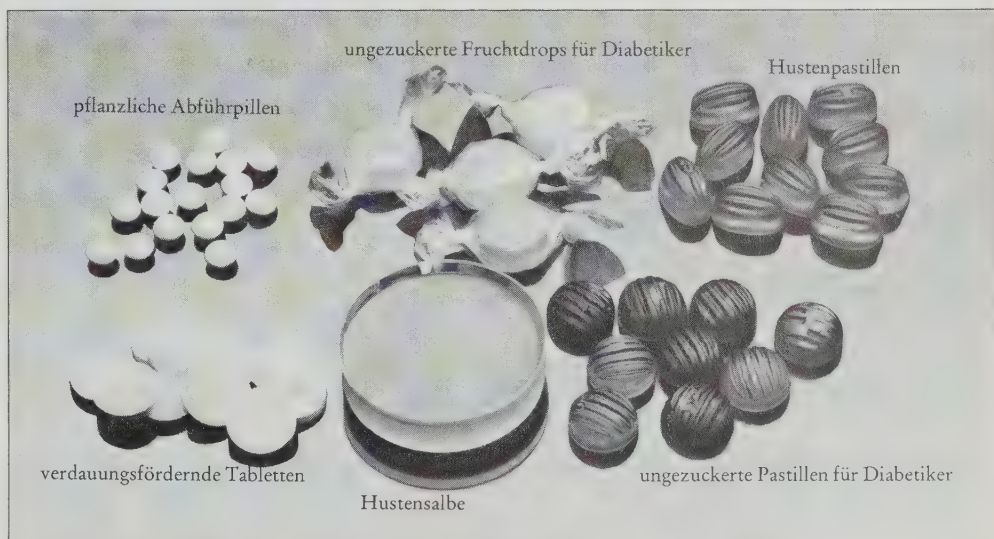
Oben Gummiharz von *Aneigessus laxifolia*, einem Baum, der in den regenwäldern Indiens und Ceylons vorkommt, ist äußerst saugfähig und wird zur Vermeidung von Flüssigkeitsverlust beim Ölbohren verwendet.



Oben Akaziengummi wird im Kunstdruck als Desensibilisator gebraucht: Er bewirkt, daß das Bild, das gedruckt werden soll, fetttaufnehmend wird und sich so von der fettabstoßenden bildfreien Fläche abhebt.

Da osmotischer Druck und kolloidaler Gehalt von Akaziengummi den Blutwerten entsprechen, wurde er in der Medizin zur Aufrechterhaltung des Blutdrucks und in der Chirurgie zum Heften durchtrennter peripherer Nerven gebraucht. *Gummi arabicum* war der traditionelle Klebstoff für Briefmarken, wurde aber größtenteils durch billigere synthetische Klebstoffe verdrängt.

Fossile Harze wie Bernstein und Kopale sowie fossile Gummiharze kommen häufig im Innern Afrikas und Australiens oder im Sand küstennaher Gebiete vor. Die Harze sind Überbleibsel der Exkrete ehemaliger Wälder, die vor langer Zeit unter Erdmassen begraben oder vom Meer verschlungen wurden (siehe Seiten 20/21). Als Folge jahrtausendelanger Austrocknung sind sie außerordentlich hart, so daß man sie häufig bei hoher Temperatur ausschmelzen muß, damit sie sich wieder in Öl oder Wasser lösen. Da fossile Harze nie in großen Mengen vorkommen, werden sie heute nicht mehr industriell verwertet.



Oben Gummiharze, Harze und Öle werden in großem Umfang in der pharmazeutischen Industrie verwendet. Da Harze antiseptische Eigenschaften haben, gebraucht man sie zur Herstellung von Hustensäften und Mund-

wasser. Manche Gummiharze wirken abführend, werden aber häufiger zur Dispergierung unlöslicher Pulver, als Bindemittel für Tabletten oder zum Eindicken von Bonbons gebraucht.



# Kautschuk – die Plantage

Christoph Kolumbus bekam auf seiner Expedition nach Amerika vermutlich als erster Europäer die seltsame dehnbare Substanz zu Gesicht, die man aus dem Milchsaft – Latex – bestimmter Tropenbäume gewann. Es gibt Beweise dafür, daß diese Substanz – in der Folge Gummi, «Klebsaft aus Bäumen», genannt – von den Eingeborenen Brasiliens schon im 11. Jahrhundert zur Fertigung elastischer Bälle für die sakralen Ballspiele gebraucht wurde.

Kautschukhaltiger Milchsaft wurde in über 1 800 Pflanzenarten gefunden, zu denen sowohl Pilze und Kleinsträucher wie Waldbäume gehören. Bis Ende des 19. Jahrhunderts gewann man Latex aus einer Anzahl tropischer Bäume, darunter diversen Arten von *Hevea*, dem Manihot-Baum, *Manihot glaziovii*, *Funtumia elastica*, mehreren Arten von *Castilla*, dem indischen Gummibaum, *Ficus elastica*, sowie einigen tropischen Lianen. Aus verschiedenen Gründen wird heute, bis auf *Hevea brasiliensis*, keine dieser Pflanzen genutzt.

Die Kultivation in Plantagen geht auf das späte 19. Jahrhundert zurück, als die englische Regierung die Möglichkeiten ventilierte, in ihren Äquatorialkolonien Kautschukbäume als Nutzpflanzen zu ziehen. In der Folge wurde Henry Wickham, der zuvor vergeblich versucht hatte, im Amazonasbecken Kautschukplantagen anzulegen, mit der Aufgabe betraut, Samen von *Hevea brasiliensis* zur Keimung nach England zu bringen. Auftragsgemäß lieferte er 70 000 Samen in Kew Gardens ab, wo sie im Juni 1876 in die Erde gebracht wurden.

Gerüchten zufolge soll Wickham die wertvollen Samen illegal aus Brasilien herausgeschmuggelt haben, doch für diese sensationelle Darstellung fand sich bislang kein Beweis. Als Folge der unvermeidlichen Verzögerung im Säen der Samen gingen weniger als vier Prozent davon auf. Die gewonnenen 2 000 Sämlinge wurden, sorgsam in Miniaturglashäusern geschützt, nach verschiedenen Bestimmungsorten in Südostasien verschifft. Aus diesen bescheidenen Anfängen sind die gesamten südostasiatischen Bestände von *Hevea brasiliensis* hervorgegangen – schätzungsweise drei Milliarden Bäume. 1978 warfen diese Bäume an die dreieinhalb Millionen Tonnen Kautschuk ab, was 94 Prozent der Welterzeugung von Naturkautschuk entspricht. In Südamerika, dem Ursprungsland von *Hevea*, stagniert die Produktion, hauptsächlich wegen einer grassierenden Mehltau-seuche, der die Blätter von Kautschukbäumen zum Opfer fallen.

Als Nutzpflanze wird *Hevea* sowohl in großen Plantagen wie in Kleinbetrieben gezogen. Die Kleinbetriebe sind selbständige Familienbetriebe von durchschnittlich 400 Ar Umfang. Der Beitrag der Kleinerzeu-

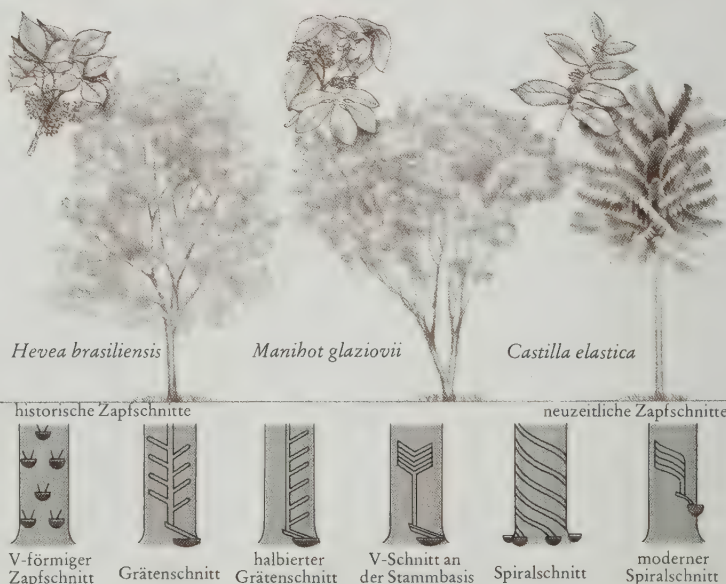
Unten Plantagenkautschukbäume werden alle 2 bis 3 Tage angezapft. Dabei wird diagonal eine flache Rille in die Borke eingekeirbt, damit der Latex aus der Innenrinde austreten kann, und am untersten Punkt der

Rille eine Metallrinne angebracht, die in einen den Latex auffangenden Becher mündet. Wenn nach 3 bis 4 Stunden der Saftfluß aufhört, haben sich etwa 0,2 Liter Latex im Innern des Bechers angesammelt.



Rechts Früher wurde auch aus den südamerikanischen Kautschukbäumen *Castilla* und *Manihot* Latex gewonnen. *Castilla*, der einst eine größere Rolle spielte als *Hevea*, bewährte sich jedoch als Plantagenbaum nicht. Heute wird *Hevea* als einziger Kautschukbaum genutzt, doch ein mexikanischer, den Guayule-Kautschuk liefernder Strauch sowie ein in der UdSSR als Kautschukpflanze angebauter Korbblütler sind zukunfts-trächtig.

Rechts Früher wurden Zapfschnitte mit Messern oder Äxten vorgenommen. Diese Geräte ergaben keine einwandfreien Austrittswege für den hervorquellenden Milchsaft und schädigten häufig den Baum.



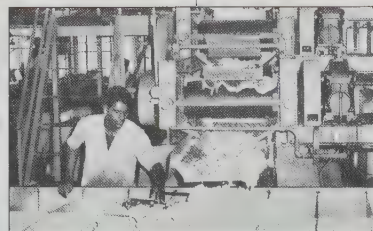
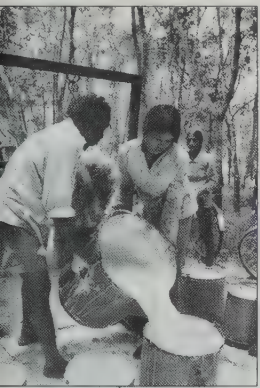
## DIE GUMMIPLANTAGE

Die Bäume werden am frühen Morgen angezapft (1), wenn der Latex am flüssigsten ist. Nachdem er sich in den unterhalb der Schnittflächen aufgehängten Bechern angesammelt hat, wird er in Eimer geschüttet, zur Zentralsammelstelle (2) und von dort zur Plantagenfabrik gebracht, wo er gesiebt und dann in große Tanks mit Säure zum Gerinnen gebracht wird (3).



In die Koagulationstanks eingesetzte Metallplatten trennen den Latex vom Saft ab und bewirken, daß er sich beim Gerinnen zu dicken Fellen verfestigt (4). Nach der Ausfällung werden die Platten entfernt und die Felle in einem elektrischen Walzwerk entwässert. In vielen modernen Fabriken wird dann den Fellen eine kleine Menge Rizinusöl beigefügt und der Rohkautschuk beim Durchlaufen durch verschiedene Walzen zerkrümelt (5). Das zerkrümelte Material wird gründlich gewaschen, in große Behälter gefüllt, getrocknet, zu Ballen gepreßt und in Kunststoff verpackt (6).





## KAUTSCHUKPRODUKTION

Die Weltproduktion von Naturkautschuk belief sich im Jahr 1978 auf über 3,5 Mio Tonnen (90 Prozent in Südostasien). Durch sorgfältige Selektion und Züchtung von Bäumen konnten die Kautschukerzeuger mit der Erhöhung der Nachfrage Schritt halten.



Oben Im Gegensatz zu den großen Gummipflanzungen verfügen Kleinbetriebe selten über eine eigene Latex-Verarbeitungsfabrik. Sie bringen den Latex

zur Koagulation in Gruppenaufbereitungszentren. Nach der Abtrennung des Kautschuks werden die Felle im Freien getrocknet und exportiert.

ger zur Weltproduktion ist beträchtlich: In Indonesien stammen 71 Prozent, auf der Malaiischen Halbinsel 58 Prozent aus dieser Quelle; in Vietnam und Teilen Afrikas hingegen sind Großplantagen die Haupterzeuger von Kautschuk. Pro 40 Ar werden 160 bis 280 Bäume angepflanzt; um die Fruchtbarkeit des Bodens zu verbessern und dem Farmer ein Einkommen zu sichern, wird während der Reifungszeit dieser Bäume Zwischenfruchtbau betrieben. Die in Baumschulen gezogenen Jungbäume, die entweder aus ausgewählten Samen oder hochproduktiven, auf Sämlinge aufgepfropften Klonen gezüchtet werden, sind in einem Zeitraum von rund sechs Jahren zapfreif.

*Hevea brasiliensis* ist vor allem deshalb zur wichtigsten Kautschukpflanze geworden, weil sich ihr Milchsaft sehr schnell erneuert. Der Latex wird in einem verzweigten Gewebesystem von Milchröhren gebildet, die vor allem in der Stamminnenrinde ergiebig

sind. Mit dem Zapfschnitt, bei dem man auf einer Baumseite einen Rindenstreifen diagonal aus dem Stamm herauslöst, werden die Gewebe angeschnitten, und ein am Stamm befestigter Becher fängt den austretenden Latex auf. Der Saftfluß versiegt nach ein paar Stunden, aber im Gegensatz zu anderen Kautschukpflanzen füllt der *Hevea*-Baum innerhalb 24 Stunden seine Saftreserven auf. Durch jeweiliges Entfernen eines weiteren schmalen Rindenstreifens kann dieser Vorgang in den 20 bis 25 ertragreichen Lebensjahren des Baumes mehrere tausend Male wiederholt werden.

Das Anzapfen erfordert äußerstes Geschick, da die einträglichen Milchröhren dicht am Kambium verlaufen; wird das Kambium verletzt, so verkürzt sich die Produktivitätsdauer des Baumes, weil die Rinde nicht einwandfrei regenerieren kann. Die entfernte Rindenmenge wird in monatlichen Abständen durch aufgemalte Zeichen mar-

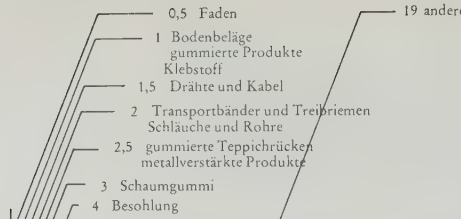
kiert. Wenn sich die Schnittfläche auf einer Stammseite dem Boden nähert, schneidet man den Baum auf der anderen Seite an, und bis zu dem Zeitpunkt, wo diese Seite verbraucht ist, hat sich die frühere Schnittfläche so weit erholt, daß man sie erneut anzapfen kann. In einem moderneren Verfahren wird die Rinde nur noch stellenweise punktiert statt fortlaufend eingeschnitten. Zwar erfordert diese Methode eine chemische Behandlung der Borke, damit der Latexfluß angeregt wird, hat aber den Vorteil, den Rindenverbrauch herabzusetzen.

Die Kautschukerträge sind im Laufe der Zeit durch die umsichtige Auswahl und Zucht von Bäumen erheblich gesteigert worden. Um 1920 wurden pro 40 Ar weniger als 1500 Kilogramm erzeugt, während heute eine gleich große Fläche mehr als 5000 Kilogramm abwirft.

Der Hauptteil des erzeugten Latex wird zu Kautschuk verarbeitet.



# Kautschukprodukte



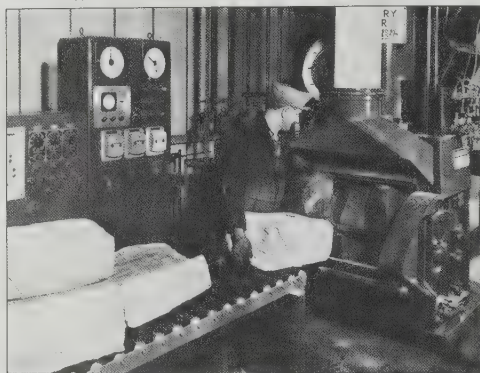
Die ersten Nutzgegenstände aus Kautschuk wurden im frühen 19. Jahrhundert hergestellt, als Südamerika bescheidene Mengen von Wildkautschuk aus den Amazonaswäldern nach Europa und Nordamerika exportierte. Doch Kautschuk war schwer zu verarbeiten und zu formen: Man mußte Mittel und Wege finden, ihn zu erweichen, damit er sich mit anderen Stoffen mischen ließ.

Dieses Problem wurde gelöst, als der Engländer Thomas Hancock im Jahre 1820 den Mastikator erfand. Diese Knetmaschine ermöglichte die Lösung des Kautschuks in Chemikalien, so daß er zum Imprägnieren von Baumwollstoff benutzt werden konnte: Der Regenmantel war geboren. Doch dieses Produkt hatte die unangenehme Eigenschaft, in der Kälte hart und in der Wärme weich und klebrig zu werden. Der Grund dafür war, daß die sehr langen, unverbundenen Kautschukmoleküle bei Temperaturschwankungen ihre Position leicht verändern. Die Umwandlung des Kautschuks von diesem plastischen in den elastischen Zustand, also in Gummi, gelang, als der Amerikaner Charles Goodyear 1839 die Vulkanisation erfand. Bei diesem Prozeß werden durch die Erhitzung von Kautschuk mit Schwefel chemische Bindglieder zwischen den Kautschukmolekülen hergestellt — sie werden «vernetzt».

Sobald sich Mastizierung und Vulkanisation durchgesetzt hatten, war der modernen Kautschukindustrie die Bahn geebnet; nach der Jahrhundertmitte gelangte eine Vielzahl von Erzeugnissen auf den Markt, die, von einer wichtigen Ausnahme abgesehen, bereits die meisten Produkte umfaßten, die heute gefertigt werden: Schläuche, Transportbänder, Treibriemen, Besohlungsmaterial, Fußbodenbeläge und Kabeldichtungen. Die Ausnahme war der Luftreifen. Zwar hatte der Schotte R.W. Thomson schon 1845 ein Patent für einen Reifen erhalten, doch da er für Pferdefuhrwerke entwickelt worden war, geriet er in Vergessenheit, bis ihn John Boyd Dunlop 1888 für Fahrräder neu erfand. Als um die Jahrhundertwende der Aufstieg des Automobils begann, eroberte sich der Reifen den ersten Platz in der Kautschukindustrie und hat ihn bis heute behalten.

Die moderne Kautschukverarbeitung ist im Prinzip nicht anders als jene vor einem Jahrhundert. Der Rohkautschuk wird in handliche Stücke zerteilt und durch Walzen oder Kneten — in einem verbesserten Modell von Hancocks Mastikator — plastisch gemacht; danach werden ihm auf einem Zweiwalzenwerk Vulkanisationsmittel und verschiedene Zusatzstoffe beigemischt. Zu den Vulkanisationsmitteln gehören neben dem Schwefel Substanzen, die den Vulkanisationsprozeß fördern; die Zusatzstoffe umfassen Alterungsschutzmittel, die den Gummi vor dem schädlichen Einfluß von

Vor der Herstellung eines Reifens wird der Rohkautschuk auf der Banbury-Mischmaschine mastiziert, dann werden ihm diverse Chemikalien beigemischt. Diese Mischung gelangt in die einzelnen Bestandteil-Fertigungsabteilungen der Fabrik. Die Reifenelemente werden in verschiedenen Verfahren hergestellt: sperrige Teile wie Laufflächen entstehen, nach dem Weichmachen und



Einfüllen des Rohkautschuks in die Banbury-Mischmaschine

Licht, Wärme, Sauerstoff und Ozon bewahren, Füllstoffe wie Spezialruße und außerdem dem Mittel, die die Kautschukverarbeitung erleichtern.

Zur Herstellung der einfachsten Produkteformen, etwa einer Schuhsohle, wird die Mischung durch Erhitzen auf rund hundertfünfzig Grad Celsius in einer Heizpresse gleichzeitig vulkanisiert und geformt. Röhrenförmige Produkte (Schläuche, Rohre) werden zuerst in der Schneckenstrangpresse (Extruder) geformt und anschließend in Dampf vulkanisiert.

Das Ausgangsmaterial für die meisten Gummierzeugnisse ist fester Kautschuk. Eine kleinere Produktegruppe wird jedoch direkt aus flüssigem Latex hergestellt: So entstehen durch Eintauchen einer Form in das Latexkonzentrat beispielsweise Gummihandschuhe, durch Aufschäumen des Latex Schaumgummi und durch Spritzen des Konzentrats zu einer Faser Latexfaden.

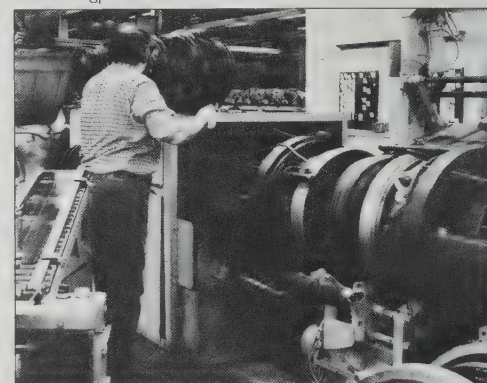
Bis zum Zweiten Weltkrieg wurden sämtliche Gummiprodukte aus Naturkautschuk hergestellt, den man aus den Pflanzungen von *Hevea brasiliensis* gewann. Doch der Griff der Japaner nach den *Hevea*-Plantagen in Malaysia, Indonesien und Thailand im Jahr 1941 führte dazu, daß man die Entwicklung synthetischen, aus Erdöl erzeugten Kautschuks in Amerika rasch vorantrieb.

Jeder der zahlreichen Kautschuktypen hat seine besonderen Merkmale, zu denen auch der Preis gehört. Ist — beispielsweise für einen Flugzeugreifen — ein Kautschuk mit hoher Abriebfestigkeit nötig, so wird die Wahl auf Naturkautschuk fallen; muß das Material hitze- und ölbeständig sein (wie für die Dichtung eines Düsentriebwerks), verwendet man einen teuren synthetischen Spezialkautschuk. Reifenlaufflächen werden in der Regel aus Butadien-Styrol-Kautschuk,

Erwärmen des Kautschuks durch Walzen, beim Warmumformen in einer Schneckenstrangpresse. Danach werden die fertigen Einzelteile aufgebaut. Zunächst wird ein zylindrischer Unterbau geformt, den man dann in eine Blasform einspannt, die den Zylinder durch Aufblasen zur Reifenform aufweitet. Als nächstes kommen Stützbänder und die mit der Verstärkungseinlage beschichtete



Walzen des Kautschuks vor der Warmumformung in der Strangpresse



Ein Reifenrohling gelangt in die Heizpresse.

einem Allzweck-Synthesekautschuk hergestellt, weil er dem Rad eine hervorragende Griffigkeit auf nassen Straßen gibt. Interessant ist die Tatsache, daß für den älteren Diagonalreifen weniger Naturkautschuk erforderlich ist als für den modernen Gürtelreifen.

Gegenwärtig ist synthetischer Kautschuk billiger als natürlicher, doch diese Situation wird sich vermutlich durch die steigenden Ölpreise ändern. Außerdem ist ein natürlicher Rohstoff, der sich aus ständig verfügbaren Komponenten — Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxyd — bildet, vorteilhafter als ein Material, das aus versiegenden Quellen stammt. Dieser Vorteil wird auch durch die Tatsache unterstrichen, daß sich etliche Entwicklungsländer zur Stützung ihrer Wirtschaft stark in der Produktion von Naturkautschuk engagiert haben. Und dank dem wiedererwachten Interesse an der Nutzung von Kautschukpflanzen, deren Potential bislang nicht ausgeschöpft wurde, ist es wahrscheinlich, daß der Naturkautschuk seine Vorrangstellung über kurz oder lang zurückgewinnt.

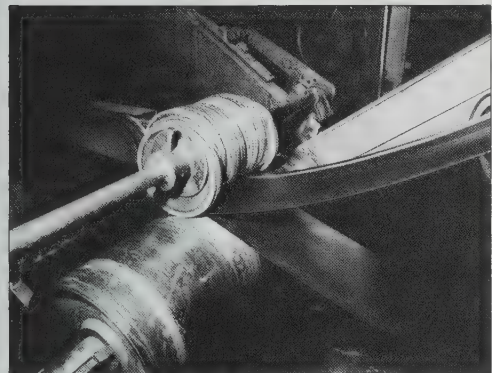


## VERBRAUCH AN GUMMIENDPRODUKTEN IN DEN INDUSTRIELÄNDERN

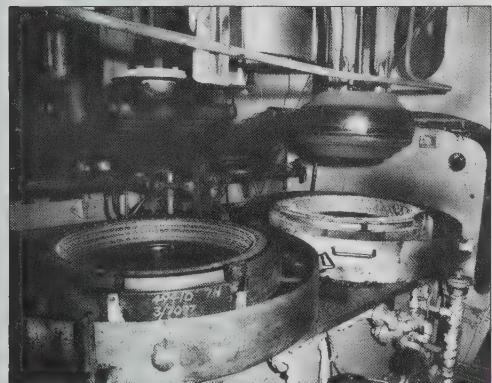
Links Drei Fünftel des gesamten in den Industrieländern verbrauchten Synthetik- und Naturkautschuks werden von der Reifenindustrie verarbeitet. Der zweitwichtigste Verwendungszweck dieser Rohstoffe ist die Herstellung von Fußbekleidung.

100 %

Lauffläche hinzu; darauf wird der Reifen aus der Blasform herausgenommen und mit schwarzer, silikonhaltiger Farbe besprüht, damit er nicht an der Heizpresse kleben bleibt. Der Rohling erhält in einer zwanzigminütigen Heizpressung seine endgültige Form und das Profil. Das fertige Produkt wird schließlich strengen Kontrolltests unterzogen.



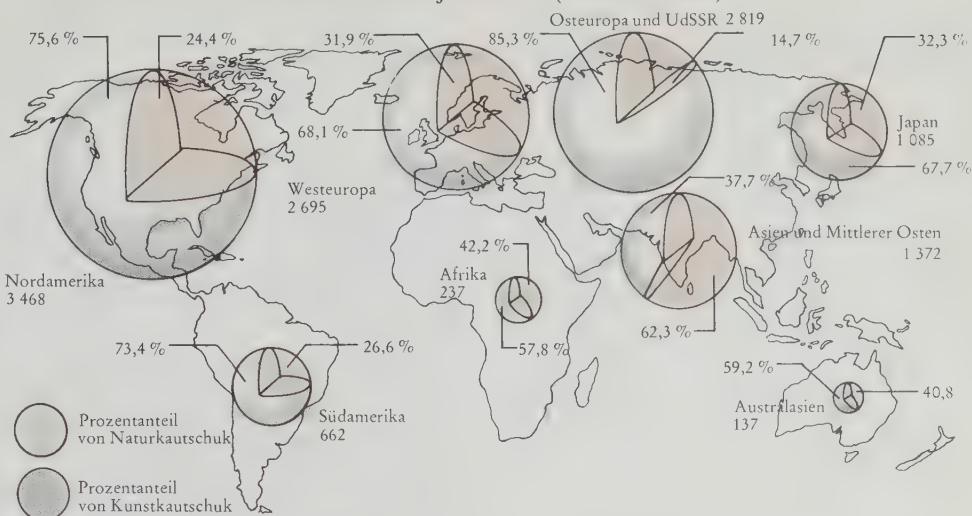
Beim Kalandrieren wird die Lauffläche mit der Verstärkungseinlage verbunden.



Die Blasform weitet den Reifenunterbau auf.



## WELTKAUTSCHUKVERBRAUCH IM JAHR 1978 (in 1 000 Tonnen)



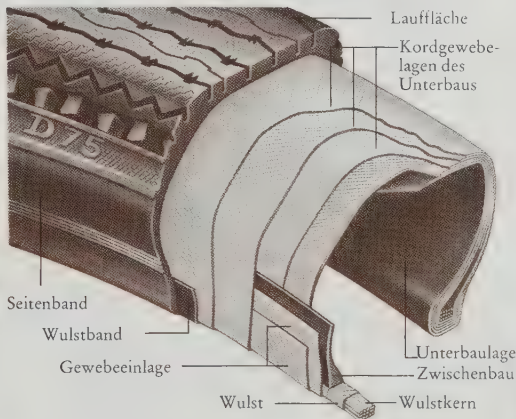
1978 belief sich der Gesamtverbrauch von Kautschuk auf zwölf Millionen Tonnen. In diesem Jahr betrug der Inlandsverbrauch der USA drei Millionen Tonnen, was den Verbrauch sämtlicher westeuropäischer Länder im selben Jahr übersteigt. Der Anteil von Kunstkautschuk am Weltmarkt ist ständig gestiegen, seit das Material

im Zweiten Weltkrieg für die industrielle Herstellung entwickelt wurde; 1978 entfielen siebenzig Prozent des Weltverbrauchs auf Synthesekautschuk. Nach den Statistiken der Vereinten Nationen beläuft sich die Menge von Natur- und Kunstkautschukregeneraten auf jährlich vier Prozent des Weltverbrauchs.



Der Reifen wird mit Röntgenstrahlen überprüft.

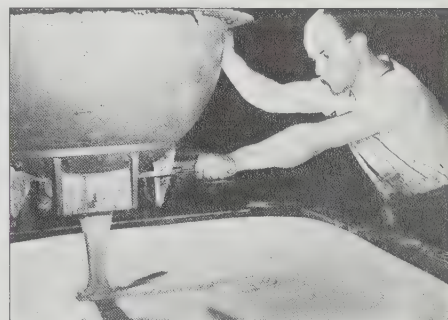
## DER AUFBAU EINES DIAGONALREIFENS



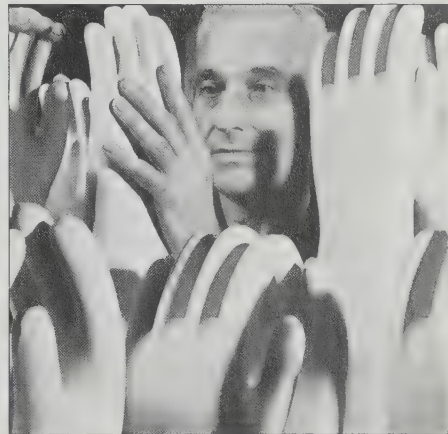
Links J.B. Dunlop stellte 1888 die ersten Luftreifen her, die sich bewährten. Sie wurden 1889 bei einem Radrennen öffentlich getestet: Das Fahrrad mit den Dunlopreifen trug den Sieg über die mit Vollgummireifen ausgestatteten Räder davon.

Oben Das vielschichtige Gefüge eines Reifens entsteht in einem komplizierten, stufenweisen Aufbau-prozeß. Bei Gürtelreifen ist wegen der unterschiedlichen Anordnung der Unterbauschichten eine zusätzliche Verstärkungseinlage (Gürtel) nötig.

## LATEXPRODUKTE



Rund acht Prozent der Gummiprodukte werden direkt aus flüssigem Latex hergestellt. Schaumgummi entsteht durch gasabsplappende Treibmittel oder durch schaumiges Auftreiben von Latexmischungen mit Luft, die nach dem Aufschäumen in eine Form gegossen (oben), koaguliert und vulkanisiert werden. Aus flüssigem Latex werden auch durch Tauchen erzeugte Gegenstände wie Operationshandschuhe oder gespritzter Latexfaden hergestellt.





# Gerbsäuren und Farbstoffe

Tausende von Pflanzen- und Baumarten enthalten Farbstoffe, und mehrere hundert erzeugen Gerbsäuren, wenn auch zum Teil nur in kleinen Mengen. Diese Substanzen sind von jeher ein wichtiges Element menschlicher Zivilisation gewesen, denn ohne Farbstoffe könnte man Gewebe nicht einfärben, und ohne Gerbsäuren gäbe es kein Leder. Das Gerben ist wahrscheinlich das ältere der beiden Gewerbe: Archäologische Funde deuten darauf hin, daß man bereits 10 000 Jahre vor Christus durch Tränken von Häuten in Gerbstoffextrakten Leder erzeugte.

Gerbstoffe sind chemische Substanzen — Verbindungen von Kohlen-, Wasser- und Sauerstoff —, die in Holz, Rinden, Blättern, Wurzeln oder Samen diverser Pflanzen vorkommen. Man gewinnt diese Stoffe durch Auslaugen oder Kochen der Pflanzenteile; Holz und Rinden werden gewöhnlich vor der Extraktion zerkleinert, damit sie die Höchstmenge an Gerbstoff abgeben. Danach dickt man die wässerigen Auszüge — die Lohe — ein, bis die gewünschte Konzentration entsteht. Das Hautmaterial wird zunächst in einer sehr schwachen Gerblösung geweicht, damit es quillt und die Außenseite nicht zu Leder verhärtet, ehe die mittleren Schichten durchtränkt sind. Dann werden die Häute in einer stärkeren Flotte lohgar gemacht.

Die Gerbstoffe nehmen erst seit Mitte des 19. Jahrhunderts einen wichtigen Platz im Welthandel ein; bis zu diesem Zeitpunkt war das Gerberhandwerk auf lokal erhältliche Gerbmittel angewiesen. Einer der ersten Bäume, die wirtschaftliche Bedeutung erlangten, war *Quercus aegilops*, deren Eichelbecher sehr gerbstoffreich sind.

In Westeuropa war die Rinde der Edelkastanie, *Castanea sativa*, lange Zeit ein weitverbreiteter Ersatz für die traditionelle Eichenborke, reichte aber nicht an deren Qualität heran. Um 1820 fand man jedoch

## DIE NATÜRLICHEN ERZEUGER VON GERB- UND FARBSTOFFEN

Rechts Es gibt tausende farbstofferzeugender Pflanzen — von kleinen arktischen Flechten bis zu Tropenwaldbäumen. Viele traditionelle europäische Pflanzenfarben wurden aus Kräutern wie Färbewaid oder Krapp gewonnen, aber wirtschaftlich wichtig waren nur die tropischen Farbbölzer. Gerbsäure ist zwar in vielen Pflanzen enthalten, kommt aber eher bei Blütenpflanzen, vor allem bei Bäumen, als bei den niedrigeren Pflanzenformen vor und wird auch von etlichen Koniferen und Palmenarten erzeugt. Gerbstoffreiche Pflanzen sind überall auf der Erde verbreitet.



Der Quebracho-Baum aus Südamerika war im 19. und frühen 20. Jahrhundert eine wirtschaftlich bedeutende Gerbsäurepflanze (Gerbstoff aus *Schinopsis balansae* und *lorentzii*).



Mangroveebäume gedeihen in tropischen und subtropischen Sumpffregionen. Gerbsäure aus Mangrove-rinde wird von der Lederindustrie und von Ölproduzenten an schlammigen Bohrstellen verwendet.



Aus Samen und Früchten des südamerikanischen Orleansstrauchs, *Bixa orellana*, wird ein gelbroter Farbstoff — Annatto — gewonnen, der noch heute zum Färben von Butter und Käse verwendet wird.



Der das Blauholz erzeugende Baum *Haematoxylon brasiletto*. Die letzte Blauholz-Farbstofffabrik in Yucatan, die Farbstoffe zum Einfärben von Seide herstellte, war bis 1960 in Betrieb.



Der nordamerikanische Osagedorn, *Maclura pomifera*, dessen Holz einen gelben Textilfarbstoff enthält. Das gerbstoffreiche Holz wird auch zur Herstellung gefärbten Leders gebraucht.



Oben Die rote «Urucum»-Farbe des Orleansstrauchs dient den Xingu Brasilien als Körperfarbe.

Unten Die brasilianischen Rotholzbestände waren im 19. Jh. fast gänzlich für Farbstoffe aufgebraucht.



Oben In Marokko haben Gerber- und Färberhandwerk die Jahrhunderte unverändert überdauert. Zum Einfärben lokal gefertigter Gewebe werden nach wie vor Pflanzen-





farbstoffe gebraucht, und im Souk der Gerber in Fes wird Leder immer noch in den traditionellen steinernen Gerbergruben lohgar gemacht.

heraus, daß das fein zerkleinerte Holz der Kastanie erheblich mehr Gerbsäure abgibt als die Rinde, und nach dieser Entdeckung gewann der Handel mit Kastanienholz sowohl in Europa wie den Vereinigten Staaten — wo man die Amerikanische Kastanie, *Castanea dentata*, verwendete — stetig an Umfang.

Bis ins frühe 20. Jahrhundert waren bestimmte Arten des in Argentinien und Paraguay heimischen Quebracho-Baums die wichtigsten Gerbstoffpflanzen. Der Handel mit Quebracho-Kernholz nahm solche Ausmaße an, daß sich die Bestände dieses Baums weitgehend erschöpften, und da er sehr langsam wächst, wurde er durch schnellwüchsige *Acacia*-Arten ersetzt.

Mehrere Mangrovearten sind ebenfalls ergiebige Gerbstoffherzeuger. Ihre Rinde, im Fernen Osten seit Jahrhunderten genutzt, wurde im 19. Jahrhundert unter diversen Namen nach Europa ausgeführt. Dieses Produkt hat seinen Platz im internationalen Handel bewahrt.

Wie nicht anders zu erwarten war, wurden in letzter Zeit synthetische Gerbstoffe — Syntane — entwickelt, die, zusammen mit den anorganischen Gerbmitteln, die Nachfrage nach den Naturprodukten drosselten.

Wie das Gerben ist auch das Färben ein altes, weithin bekanntes Handwerk, das in den ältesten Kulturen ausgeübt wurde: bei Persern, Ägyptern, Phöniziern und in China. Die Farbstoffe wurden aus Pflanzen hergestellt, die an Ort und Stelle vorhanden waren. In Europa stammten die traditionellen Farbextrakte von einheimischen Bäumen wie Erle, Birke, Eiche, Walnuß und Blumenesche. Im Mittelalter verbreiterte sich dann die Palette der europäischen Färber durch die Einführung einiger Farbhölzer aus Asien.

Der Handel mit Farbhölzern belebte sich jedoch erst nach der Entdeckung Amerikas

und seiner farbstoffliefernden Bäume wie *Caesalpinia echinata*, von dem das Rotholz stammt. Eine andere Art dieser Gattung, *Caesalpinia sappan*, war im Mittelalter in beschränkten Mengen von Indien, Sri Lanka und Malaia ausgeführt und als *brasil* (abgeleitet vom altfranzösischen Wort *brésil*, das soviel wie «Kohle» oder «Brand» bedeutet) gehandelt worden. Als die Europäer im Jahr 1500 in Südamerika an Land gingen, trafen sie großflächige Bestände des amerikanischen Rotholzes an und benannten die Gegend nach diesen Bäumen Brasilien. Die roten und orangeroten Farbextrakte von *Caesalpinia echinata* wurden in großen Mengen nach Europa und Nordamerika exportiert, bis dieser Baum im 19. Jahrhundert durch andere Rothölzer verdrängt wurde.

Ein weiterer Rotholzbaum, *Haematoxylon brasiletto*, wurde seit 1850 aus Mittelamerika bezogen. Korallenholz aus Westafrika, Padouk aus Sierra Leone und Sandelholz aus den asiatischen Tropen — allesamt Bäume der Schmetterlingsblütlergattung *Pterocarpus* — lieferten im 18. und 19. Jahrhundert ebenfalls beträchtliche Mengen roten Farbstoffes.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist der Handel mit pflanzlichen Farbstoffen jedoch immer mehr zurückgegangen; die moderne Färbereiindustrie in den westlichen Ländern arbeitet ausschließlich mit billigen, auf Kohlenleer basierenden Anilinfarbstoffen. Die traditionellen Farbhölzer werden heute nur noch für Spezialzwecke gebraucht.

In den Erdregionen indes, wo Gewebe noch vorwiegend von lokalen Handwerkern gefertigt werden, die sich keine synthetischen Mittel beschaffen oder leisten können, haben die Farbpflanzen und -hölzer ihre uralte Bedeutung als Rohstoffquelle der Textilherstellung bis heute bewahrt.

## DIE VIELSEITIGE EICHE

Borke und Kernholz von Stiel- und Traubeneiche sind in Europa seit alters genutzte Gerbstoffquellen. In den USA waren die Borken von Weiß-, Färber-, Kellogg- und Kastanieneiche, in Südeuropa Stein- und Kermeseiche häufig verwendete Lohrinden. Die Kermeseiche ist auch Lieferant eines roten Farbstoffs, der aus den von der Kermesschildlaus erzeugten Gallen gewonnen wird. Diversen Eichenschinden wurden auch schwarze, braune und gelbe Farbextrakte entzogen; die Eichengalläpfel liefern Gallusgerbsäure oder echtes Tannin.



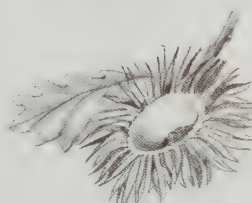
Stieleiche  
*Quercus robur*

Rinde und Kernholz der Stieleiche enthalten Gerb-, die Rinden auch Farbstoffe.



Kermeseiche  
*Quercus coccifera*

Die Kermesschildlaus erzeugt einen roten Farbstoff.



Valonea-Eiche  
*Quercus aegilops*

Die großen getrockneten Eichelbecher der Valonea-Eiche sind gerbsäurereich.



Zerzeiche  
*Quercus cerris*

Die Galläpfel der Zerzeiche liefern Gerb- und Farbstoffe.



Der aus dem Nahen Osten stammende Johanniskrautbaum, *Ceratoniasiliqua*, kommt heute im gesamten Mittelmeerraum vor. Es war einst eine wichtige Gerbsäurepflanze, auch für braunen Farbstoff.



Die Betelnußpalme, *Areca catechu*, wächst in den Tropen Asiens. In Indien wird Seiden immer noch mit Katechu braun gefärbt. Mit diesem Stoff werden auch Fischernetze vor Fäulnis geschützt.



# Kork

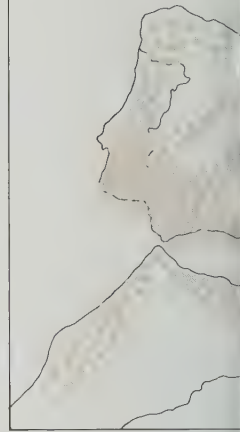
Dieser Rohstoff wird seit über 2000 Jahren in den Korkeichenwäldern geerntet, die rund um das Mittelmeer wachsen. Die Korkeiche wurde im 1. Jahrhundert nach Christus von Plinius d. Ä. beschrieben: «Das einzige nützliche Produkt, das sie hervorbringt, ist ihre Rinde, die sehr dick ist und wieder nachwächst, wenn man sie schält.» Trotz dieses etwas abfälligen Urteils über die Korkeiche kannten die Römer und vor ihnen die Griechen die einmaligen Qualitäten des «einzigen nützlichen Produkts» dieser Baumart: Es ist leicht, undurchlässig, beständig gegen Zerfall, und es schwimmt. Sie gebrauchten Kork als Schwimmer für ihre Fischernetze, zum Besohlen ihrer Sandalen und zur Versiegelung ihrer Öl- und Weinamphoren.

Im späten 17. Jahrhundert entstand durch die junge Glasflaschenindustrie ein steigender Bedarf an Kork für Flaschenverschlüsse. Diese Entwicklung gab den Anstoß zur Kultivation von Korkeichen und zur Verbesserung der Korkernten durch eine sorgsame Bewirtschaftung der Naturwälder. Spanien war das erste Land, das 1760 forstwirtschaftliche Maßnahmen ergriff, und bis 1820 waren Frankreich, Portugal, Italien und Nordafrika diesem Beispiel gefolgt.

Der Anbau von Korkeichen ist eine Kapitalanlage auf lange Sicht. Die Bäume müssen rund 15 Jahre wachsen, ehe es möglich ist, die dicke, schwammige Rinde zum erstenmal abzuschälen. Das Produkt dieses Vorgangs heißt Jungfernrinde oder männlicher Kork. Nach der ersten Schälung kann alle acht bis zehn Jahre der weichere weibliche Kork gewonnen werden. Man muß die Bäume regelmäßig zurückschneiden, um ihr durch das Schälen verlangsamtes Wachstum zu fördern und sie zur Erzeugung der Höchstmenge von Kork anzuspornen, so daß

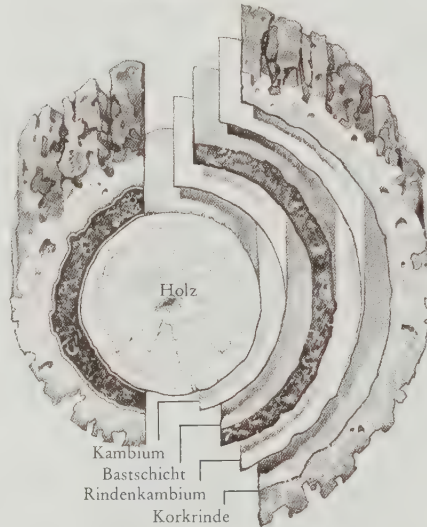


## ERZEUGERREGION



Oben *Quercus suber* ist ein kleiner immergrüner Laubbaum von 12 bis 18 Metern Höhe und bis 150 Jahren Lebensdauer. Er gedeiht im Mittelmeerraum, wo es wenig Regen und viel Licht gibt und die Luftfeuchtigkeit ziemlich hoch ist.

Oben Fast der gesamte Handelskork stammt aus den Korkeichenwäldern am Mittelmeer. Den meisten Kork liefert die Korkeiche, *Quercus suber*, aber in den an den Atlantik grenzenden Gebieten Nordspaniens und Portugals, wo rauhere Winde und tiefere Wintertemperaturen herrschen als am Mittelmeer, wird auch die engverwandte, aber härtere *Q. occidentalis* gezogen. — Nahezu ein Drittel der korkerzeugenden Wälder der Erde liegt in Portugal, und die meisten großflächigen Areale sind heute verstaatlicht. Trotzdem wird immer noch ein beträchtlicher Teil der Produktion von Kleinbauern bestritten.

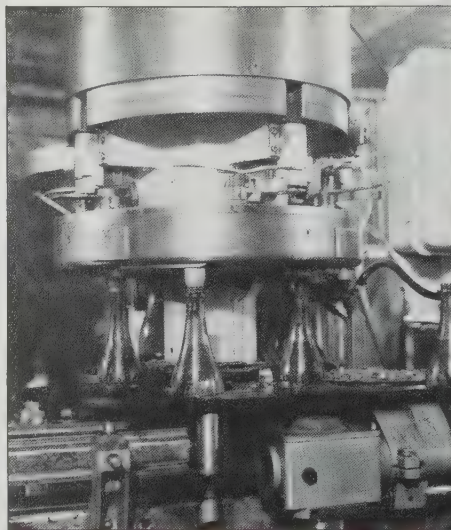


Links Die Bildung einer Korkaußenrinde haben viele Bäume gemeinsam. Das Ungewöhnliche bei der Korkeiche ist, daß die dicke äußere Rinden-schicht entfernt werden kann, ohne daß der Baum Schaden nimmt, vorausgesetzt, die verletzlichen Gewebe unter der Rinde werden beim Schälen nicht verletzt.

## KORK UND FLASCHE

Da Kork undurchlässig, farb-, geruch- und geschmacklos ist und einen vollkommen hermetischen Verschluss gewährleistet, eignet er sich hervorragend als Flaschenverschluss. Seit alters hat man Weinflaschen mit Kork versiegelt, und zwar so wirkungsvoll, daß man bei Ausgrabungen 1 000-jährigen Flaschenwein fand, der durchaus genießbar war.

Heute ist die Erzeugung von Flaschenkorken eine Industrie mit Milliardenumsätzen. Die früher ausschließlich von Hand geschnittenen Korken werden jetzt fast nur noch maschinell geformt: zu rechteckigen Korken für Jahrgangsweine und Champagner, zu konischen Whiskyflaschenkorken und zu den üblichen zylindrischen Weinflaschenkorken. Nach der Formung muß jeder Korken gewaschen, gebleicht, kontrolliert und schließlich sterilisiert werden, ehe ihn die Abfüllindustrie verwendet. Auch das Abfüllen ist heute ein hochmechanisierter Vorgang. Diese Maschine verschließt automatisch Flaschen mit spanischem «Champagner».







die Rinde in großen, gleichförmigen Stücken geschält werden kann.

Die Jungfernrinde ist hart, tiefzerklüftet und deshalb dem dickeren, glatteren weiblichen Kork qualitativ weit unterlegen. Erst bei der dritten Schälung, dreißig bis 35 Jahre nach dem Setzen des Baums, erhält man erstklassigen Kork.

Der Kork wird im Sommer, während der Wachstumszeit, vom Baum abgelöst, aufgeschichtet und ein paar Wochen getrocknet. Dann kocht oder dämpft man die Rinde, um die Zellen zu enthärten, Harze und Schmutz zu lösen und die hölzerne Außenrinde aufzuweichen, so daß sie sich wegschaben läßt. Nach Entfernung der Außenrinde werden die Korkstücke flachgepreßt, zur Versiegelung der Oberfläche gesengt, zurechtgeschnitten, nach Qualität sortiert, in Ballen verpackt und auf den Markt gebracht.

Der meiste weibliche, hochwertige Kork wird zu Flaschenkorken verarbeitet, aber es werden auch Schwimmer, Angelrutengriffe, Schwimmgürtel, Bojen, verschiedene Ballarten und Wurf Bretter aus Naturkork gefertigt.

Es gibt verschiedene Arten von Korkwerkstoff. Reiner expandierter Kork – Voll-Expansit – entsteht durch Komprimieren des Korkschröts bei hoher Temperatur, so daß die Naturharze aus dem Material herausgepreßt werden und die Schrotkörner verbinden. Die Erzeugung von expandiertem Kork, aus dem Platten für Innenverkleidungen und Isolierzwecke hergestellt werden, ist wohl der bedeutendste Sektor der Korkprodukte-industrie. Dieser Werkstoff wirkt wärme-, kälte- und schalldämmend; er ist ideal für die Isolierung von Kühlanlagen, da er sowohl zerfallsbeständig wie wasserundurchlässig ist und sich beim Auftauen und Einfrieren nicht

verzieht. Expandierter Kork wird auch als Schalldämmstoff in Schulen, Krankenhäusern und Theatern sowie zur Vibrationsdämpfung schwerer Maschinen gebraucht.

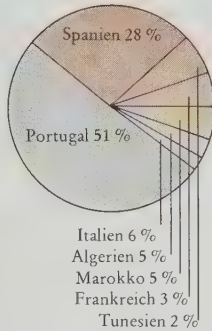
Neben reinem expandiertem Kork gibt es Expansit mit Bindemitteln, beispielsweise Harzen, die bei niedrigeren Temperaturen, als man sie zur Herstellung von expandiertem Kork verwendet, beigefügt werden, so daß Erscheinung und Farbe des Korks weitgehend erhalten bleiben.

Korkwerkstoff wird in großer Menge für Kronenverschlusseinlagen gebraucht; er ist ein wichtiger Rohstoff der Flugzeug- und Automobilindustrie, und er wird für Dichtungen aller Art herangezogen. Zu den neuen Märkten für Korkprodukte gehören Raumfahrt- und Nuklearindustrie. Seit 1960 werden mit Spezialstoffen gebundene Korkplatten als isolierender Schutzmantel in Raumfahrzeuge eingebaut. So war Kork bei der ersten bemannten Mondumkreisung dabei.

Beim Transport radioaktiver Isotope besteht das erste Risiko der Strahlenverseuchung im Brandfall. Durch den Gebrauch von Behältern mit Korkbelag wurde diese Gefahr weitgehend gebannt. Die Isotope werden in kleinen Containern verpackt, die durch eine äußere, mit Kork ausgelegte Kapsel geschützt sind.

Trotz Versuchen, die Korkeiche in Nordamerika, der Sowjetunion und anderswo einzuführen, sind die Mittelmeerländer die einzigen bedeutenden Korkerzeuger geblieben. In letzter Zeit hat der Kork einen Teil seines Marktes an Ersatzstoffe verloren, aber der Verlust wurde durch den Verbrauchsanstieg in anderen Bereichen wettgemacht. Die Nachfrage nach Kork nimmt insgesamt weiter zu und droht das zukünftige Angebot gar zu überrunden.

#### ERZEUGUNG



Die gesamte Welt-erzeugung von Kork wird auf 390 000 Tonnen jährlich geschätzt. Über die Hälfte stammt aus Portugal.

Während der letzten 50 Jahre ist die portugiesische Korkproduktion um mehr als das Dreifache gestiegen. Portugal führt jedoch den meisten Kork immer noch als unverarbeitetes Rohmaterial aus. Frankreich ist Korkimporteur: Die französischen Korkeichenwälder sind im Laufe der Zeit stark geschrumpft, so daß die einheimischen Ernten den Bedarf der Korkprodukte-industrie nicht mehr zu decken vermögen. Die Nachfrage nach Kork steigt weiter an, und trotz Versuchen, die Korkeiche außerhalb des Mittelmeerraums anzusiedeln, sind die Mittelmeerländer die einzigen Erzeuger von Kork geblieben.



Links Längs- und Querschnitte in die Korkrinde werden mit einer Spezial-axt oder -säge ausgeführt. Die Korksicht wird dann behutsam mit dem Axtkeil vom Baum geschält.

Oben Die abgelöste Rinde wird zu einer Sammelstelle befördert und gestapelt. Nach ein paar Wochen kann man die trockene Rinde kochen, reinigen und versandfertig machen.



Links Die anfallenden Reste liefern den Rohstoff für die Korkwerkstoffindustrie. Die Abfälle werden gemahlen und zu gebundenem Kork verarbeitet.

Oben Mit Kork, den man heute zur Wärme- und Schalldämmung braucht, wurden in Südeuropa seit dem Mittelalter Wände und Fußböden verkleidet.



# Bambus

Zwar ist Bambus botanisch betrachtet ein Gras, bildet aber in vielen Regionen «Wälder» von beträchtlichem Umfang. Verbreitungsgebiete der mehreren hundert Bambusarten sind alle tropischen, subtropischen und wärmegemäßigten Zonen der Erde.

In Asien werden seit unvorstellbaren Zeiten ausgewählte Arten von Bambus gezogen und in fast allen Bereichen des täglichen Lebens verwendet. Die Bambushalme oder -stämme sind leicht, hohl, elastisch und stark – eine einmalige Verbindung von Eigenschaften, die diesem Material eine enorme Anpassungsfähigkeit gibt.

Die Dorfbewohner von heute bauen das Tragwerk ihrer Häuser aus langen Stämmen, während leichtere Bambushalme zum Dachdecken oder, zu Flechtwerken verwebt, als Wände dienen. Kurze Halmabschnitte werden nach Entfernung der Querwand am Knoten als Vielzweckgefäße im Haushalt benutzt.

In Java stehen bestimmte Arten als Material für Flöten sowie andere Blas- und Schlaginstrumente hoch im Kurs. Auch Pfeile und Bogen werden aus Bambus gefertigt, genauso wie scharfe kleine Messer, für die man eine Art benutzt, deren Oberflächenzellen reich an Kieselsäure sind. Einzelne Stengelglieder werden von den Malaien als Blasrohre gebraucht.

In Südostasien sind auch Körbe aus Bambus üblich. Die Halme werden diagonal zu schmalen, elastischen Streifen zerschnitten, die man dann zu Korbformen verwebt. Aus anderen Bambusarten von geeigneter Beschaffenheit stellt man Matten, Angeln und Fischreusen her – es gibt unendlich viele Verwendungsmöglichkeiten von Bambus.

Eine Bambusrute – ein Halm, Stengel oder Stamm – wächst rasch zu voller Höhe heran. Dann treibt sie feingliedrige Seiten-

äste mit zierlicher Belaubung und verholzt im Lauf der drei bis fünf Jahre, die sie zur Reifung braucht. Für Bauzwecke sind voll ausgewachsene Ruten erforderlich, während man zur Papiererzeugung jüngere Halme verwendet. Ausgewachsene Ruten werden vor dem Gebrauch luftgetrocknet; in Java weicht man als Baustoff bestimmten Bambus oft vor der Trocknung in Wasser ein, um seine Empfindlichkeit für Insektenbefall zu mindern. Die meisten Dörfer Südasiens geben ganz bestimmten Arten den Vorzug. Wenn sich die Pflanzungen außerhalb des Dorfes befinden, fügt man die Ruten häufig zu Flößen zusammen und läßt sie auf dem Wasser zu ihrem Bestimmungsort treiben.

Ein junger Bambustrieb durchbricht, dem Rhizom der Mutterpflanze entspringend, das Erdreich als Sproß, der zu stattlicher Größe heranwächst, ehe er in die Höhe schießt und zum Halm wird. Kurz bevor sich der Sproß zu verlängern beginnt, ist er prall mit eßbarem Gewebe gefüllt. In diesem Stadium kann man die Bambussprosse als Gemüse verzehren. Bestimmte Arten bringen besonders schmackhafte Sprosse hervor, während sie bei anderen ungenießbar bitter sind. Auch den eßbaren Samen, die manche Arten erzeugen, kommt in Gebieten mit langer Dürrezeit eine große Bedeutung zu. In solchen Trockenregionen heimischer Bambus blüht bisweilen auch in einem Dürrejahr (siehe Seiten 98/99). Die Pflanzen treiben massenhaft Blüten, bilden entsprechend viele Samen und sterben dann ab. Da in solchen Zeiten kein Reis wächst, sind die Samen ein wertvolles Ersatznahrungsmittel.

Umfangreiche, zur industriellen Nutzung bestimmte Bambusplantagen wurden nur in Japan und, in beschränkterem Maß, in China und Indien gepflanzt und die Arten dafür mit Bedacht ausgewählt. In China

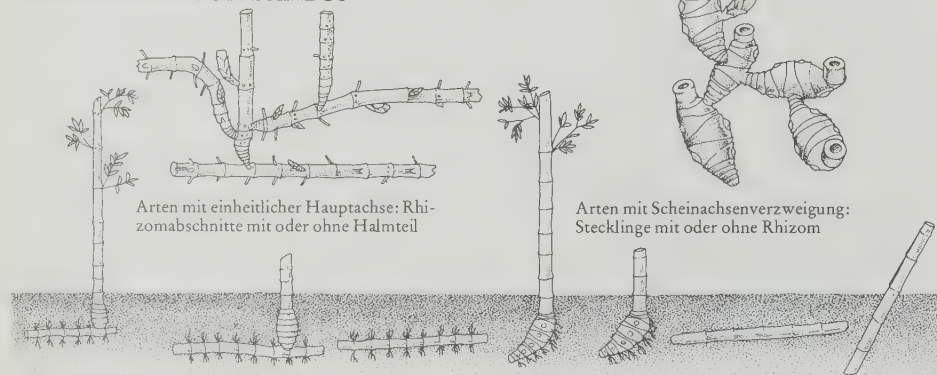
wurde über lange Zeit mit großer Sorgfalt *Arundinaria amabilis* gezogen und speziell für die Herstellung von Angelruten in viele Länder geliefert. Wegen wirtschaftlicher und politischer Zwänge und der Entwicklung gleichwertigen Ersatzmaterials kam dieser Handel nach dem Zweiten Weltkrieg zum Erliegen. Für diese besondere, mit einmaligen Qualitäten ausgestattete Art zeichnen sich jedoch neue Marktchancen ab.

Auf dem indischen Subkontinent kommen ein paar Bambusarten vor, die in fast reinen Beständen ausgedehnte Flächen bedecken. In Bangladesch wird *Melocanna bambusoides* in großen Mengen für Papierzellstoff und Bauzwecke gebraucht. 1966 nahm diese Bambusart schätzungsweise eine Fläche von 1800 Quadratkilometern ein, die pro Jahr einen Ertrag von 350 000 Tonnen luftgetrockneter Halme abwarf.

In regenärmeren Gebieten Indiens finden sich weite Areale von *Dendrocalamus strictus*. Dieser Bambus wird hauptsächlich als Wild-, doch zunehmend auch als Kulturpflanze zur Herstellung von Zellstoff und als vielseitiges Konstruktionsholz benutzt.

Insbesondere in Malaysia, Melanesien und Burma werden die Verwendungsmöglichkeiten vom Bambus noch nicht voll erkannt. So sind die in Java meistgenutzten Arten in diesen Ländern noch viel zu wenig bekannt. Auch mit den Kenntnissen der Verwandtschaft zwischen Bambusarten und ihrer Klassifizierung hapert es. Angewandte Forschung, wissenschaftliche Auswahl und Kultivierung könnten ungeahnte Ergebnisse bringen. So ist es japanischen Wissenschaftlern gelungen, die Verwertbarkeit von Bambus und Bambusprodukten als chemischen Katalysator und Medium für die Bakterienzüchtung in der Pharmaindustrie nachzuweisen.

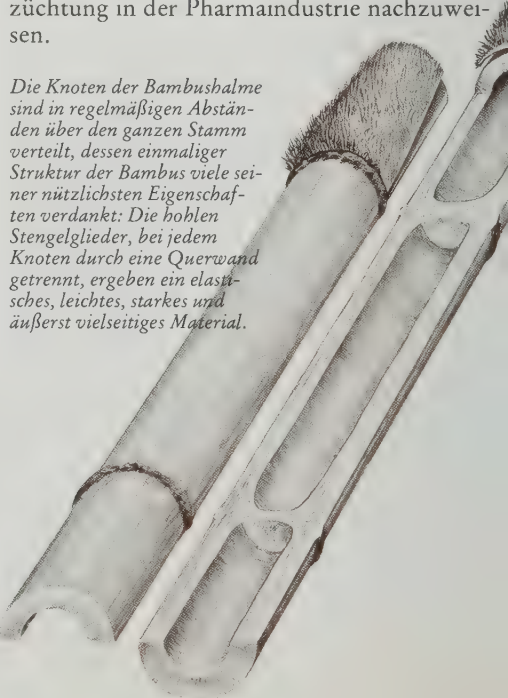
## PFLANZARTEN VON BAMBUS



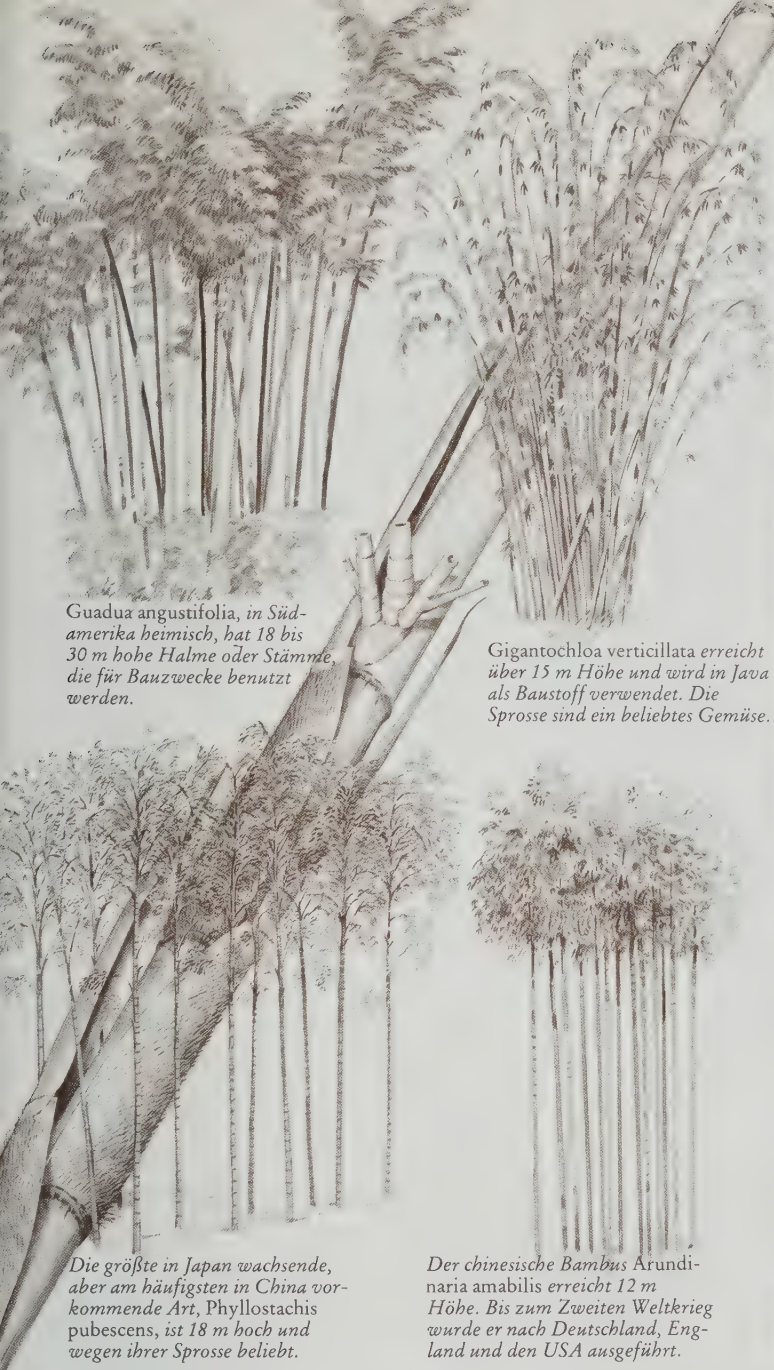
Die Bambusarten werden je nach ihrem Verzweigungsmuster in zwei Klassen eingeteilt. Bei Arten mit echter Hauptachse (Monopodium) liegt zwischen den einzelnen Halmen ein großer Zwischenraum. Die Ruten wachsen je aus einem langen, ge-

trennten Rhizom, das jährlich an jedem Knoten Knospen treibt. Die Arten mit Scheinachse (Sympodium) haben kurze Wurzelstöcke, und die Sprosse wachsen dichtgedrängt neben der Mutterpflanze. Bambus blüht selten.

Die Knoten der Bambushalme sind in regelmäßigen Abständen über den ganzen Stamm verteilt, dessen einmaliger Struktur der Bambus viele seiner nützlichsten Eigenschaften verdankt: Die hohlen Stengelglieder, bei jedem Knoten durch eine Querwand getrennt, ergeben ein elastisches, leichtes, starkes und äußerst vielseitiges Material.







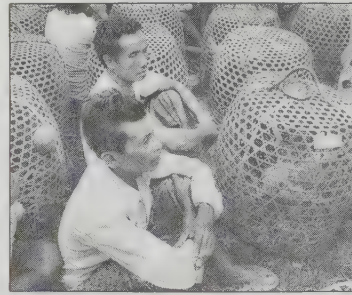
*Guadua angustifolia*, in Südamerika heimisch, hat 18 bis 30 m hohe Halme oder Stämme, die für Bauzwecke benutzt werden.

*Gigantochloa verticillata* erreicht über 15 m Höhe und wird in Java als Baustoff verwendet. Die Sprosse sind ein beliebtes Gemüse.

Die größte in Japan wachsende, aber am häufigsten in China vorkommende Art, *Phyllostachis pubescens*, ist 18 m hoch und wegen ihrer Sprosse beliebt.

Der chinesische *Bambus Arundinaria amabilis* erreicht 12 m Höhe. Bis zum Zweiten Weltkrieg wurde er nach Deutschland, England und den USA ausgeführt.

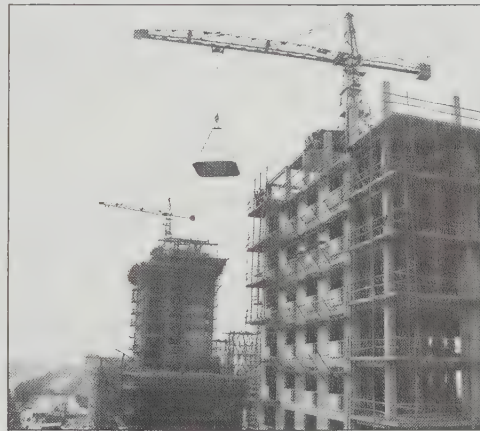
Unten Diese Körbe aus Bali, für den Transport von Kampfbahnen bestimmt, werden aus elastischen Bambustreifen geflochten, die man durch diagonales Zerschneiden von Stengeln erhält.



Unten In Bambushalmen, für den Transport und auch als Behälter für das gemeinschaftliche Dorftrinkwasser benutzt, wird in Sulawesi (Indonesien) Bier zum Markt getragen.



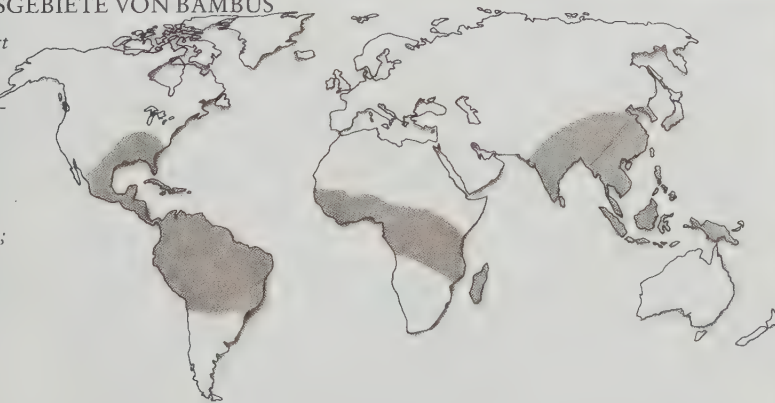
Oben Das traditionelle Dorflanghaus der Dayak in Sarawak beherbergt bis 400 Leute und ist oft vollständig aus Bambus gebaut.



Links Bambus ist nicht nur ein traditioneller Baustoff, sondern auch ein wesentlicher Bestandteil des modernen Bauwesens in Asien. Für Baugerüste werden unzerteilte Stämme benutzt und mit nassem Rotang verbunden. Beim Trocknen ziehen sich die Laschungen zusammen und bilden so dichte Verbindungen.

## VERBREITUNGSGEBIETE VON BAMBUS

Die mehreren hundert Bambusarten sind ungleichmäßig über die tropischen, subtropischen und warmtemperierten Zonen der Erde verteilt. Die weitaus größte Zahl von Arten wächst in Süd- und Südostasien; viele der nützlichsten Bambusse finden sich auf dem Festland. In Afrika gibt es nur wenige einheimische Arten, und ihr Verbreitungsgebiet ist im wesentlichen auf die westafrikanischen Tieflande, Kenia und Uganda beschränkt. Madagaskar verfügt über eine größere



Artenvielfalt als der gesamte afrikanische Kontinent. Bambus kommt in den tropischen und gemäßigten

Zonen der beiden amerikanischen Kontinente vor, ist aber in Südamerika in ungleich größerer Menge

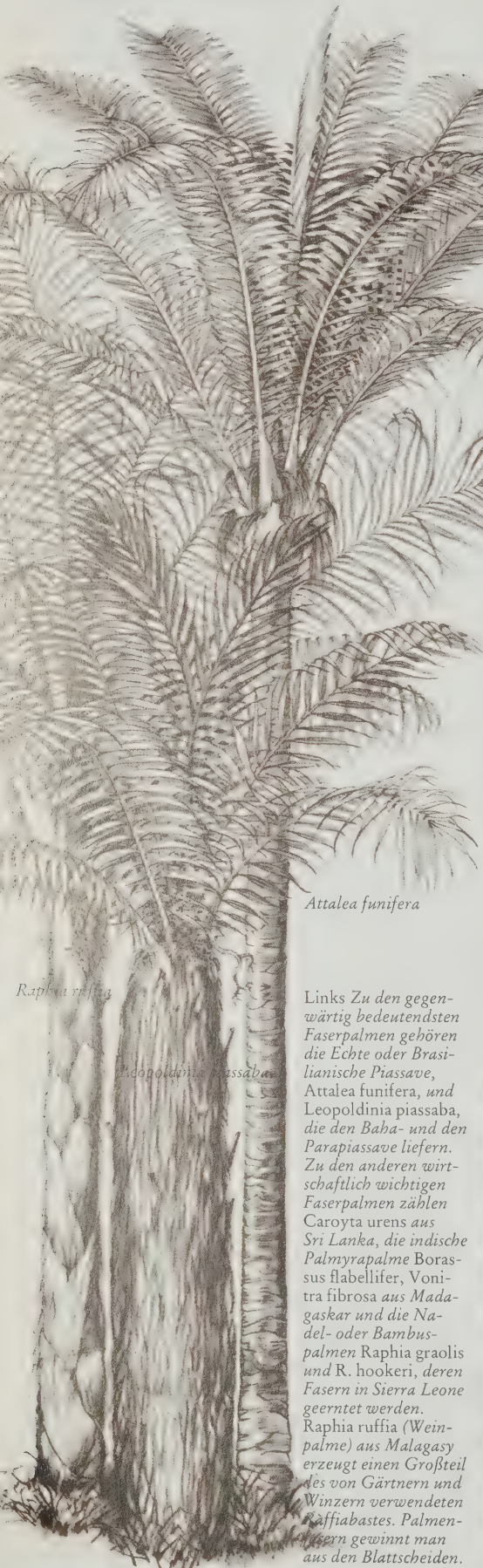
vertreten. In vielen Teilen der Erde wurden Wildbambusbestände durch Rodungen zerstört.



Oben Bambusstämme wachsen zu quadratischer Form heran, wenn man die Jungpflanzen mit einem Rahmen vom ungefähren Stammumfang des ausgewachsenen «Baumes» umgibt.



# Naturfasern



*Attalea funifera*

Links Zu den gegenwärtig bedeutendsten Faserpalmen gehören die Echte oder Brasilianische Piassave, *Attalea funifera*, und *Leopoldinia piassaba*, die den Baha- und den Parapiassave liefern. Zu den anderen wirtschaftlich wichtigen Faserpalmen zählen *Caroyta urens* aus Sri Lanka, die indische *Palmyrapalme* *Borassus flabellifer*, *Vonitra fibrosa* aus Madagaskar und die Nadel- oder Bambuspalmen *Raphia graolis* und *R. hookeri*, deren Fasern in Sierra Leone geerntet werden. *Raphia ruffia* (Weinpalm) aus Madagaskar erzeugt einen Großteil des von Gärtnern und Winzern verwendeten Raffiabastes. Palmfasern gewinnt man aus den Blattscheiden.

Manche Waldbäume und -pflanzen erzeugen faseriges Material, das in der Heimat der Faserpflanzen seit alters genutzt wird. Wenige davon sind so bekannt wie Baumwolle, Flachs, Hanf oder Jute, deren natürliche Umgebung Wiesen sind. Doch die von Waldpflanzen gewonnenen Fasern spielen in den Erzeugerländern eine wirtschaftlich bedeutende Rolle: Sie dienen als Rohstoff zum Dachdecken, für Seilerwaren, Matten, Hüte, Fischernetze und Bürsten, und manche von ihnen gelangen sogar auf den Weltmarkt.

Aus der Innenborke bestimmter Waldbäume wurde schon «Rindenstoff» hergestellt, als die Extraktion von Pflanzenfasern und ihre Wiederverbindung zu Geweben noch völlig unbekannt war. Die Rinde wurde in Streifen vom Baum abgelöst, zum Weichmachen in Wasser gelegt und dann auf harter Holzunterlage mit gerieften Holzklöppeln geschlagen, damit sich die Faserschicht von der Außenhaut trennen ließ. Das traditionelle Rohmaterial für diesen Rindenstoff – *Tapa* oder *Kapa tapa* –, der in Polynesien heute noch hergestellt wird, ist der Rindenbast des in Japan, China und Polynesien heimischen Papiermaulbeerbaums, *Broussonetia papyrifera*. Der Rindenbast bestimmter anderer Bäume, so des afrikanischen Affenbrotbaums, *Adamsonia digitata*, und einiger Arten des Wollbaums, *Bombax*, wird von den Einheimischen nach wie vor für Seile und verwandte Produkte verwendet.

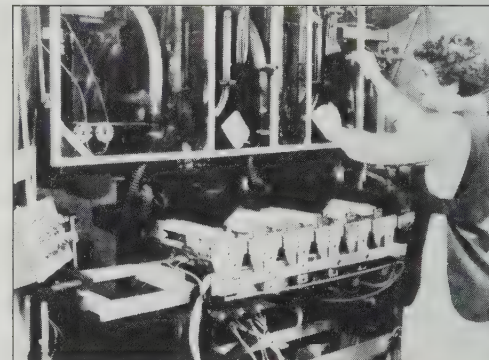
Im Gegensatz zum weichen Rindenbast werden manche aus Palmenblattscheiden gewonnene harte Fasern industriell verarbeitet, vor allem in der Besen- und Bürstenmacherei. Sie sind auf dem Weltmarkt vertreten und haben, wenn auch rein zufällig, eine wichtige Rolle in der Entwicklung der internationalen Bürstenindustrie gespielt.



Palmenfasern werden der Blattscheide entzogen – dem Teil des Blattstiels, der beim Abfallen des Blattes am Stamm haftenbleibt. Diese Blattscheide zerfällt allmählich und hinterläßt eine Fasermasse, die man durch Zerstoßen, Schlagen oder Abschaben des umgebenden Gewebes gewinnt. In manchen Ländern, so in Sierra Leone, wird die natürliche Zersetzung durch «Rösten» oder «Roten» beschleunigt: Die Blattscheiden werden gewässert, bis das Gewebe verrottet und die Fasern freigibt. Der Faserertrag von Palmen ist je nach Art und Alter verschieden. Die Piassavepalme, *Attalea funifera*, erreicht ihre volle Leistungsfähigkeit mit acht Jahren und wirft dann an die zehn Kilo Fasern im Jahr ab. Weltweit werden jährlich rund 10 000 Tonnen Bürstenfasern von Palmen geerntet. Die meisten dieser Fasern werden exportiert und sind für die Erzeugerstaaten wichtige Devisenbringer.

Der wohl bekannteste Fasernlieferant unter den Palmen ist die Kokospalme, *Cocos nucifera*, doch im Unterschied zu anderen Palmen werden bei ihr die Fasern aus der Umhüllung der Nuß gewonnen. Das als Kokosfaser, Kokosbast oder Coir gehandelte Produkt wird in großen Mengen von tropischen Ländern, insbesondere von Indien und Sri Lanka, ausgeführt und zur Manufaktur von Matten, Schnüren, Schiffstauen, Matratzen und Bürsten verwendet.

Spanisches Rohr oder Peddigrohr, das faserige Rohmaterial für Stuhlgeflecht und Korbwaren, stammt ebenfalls von Palmenarten, den *Calamus*-, Rohr- oder Rotangpalmen. Diese lianenartigen Regenwaldkletterpflanzen haben dünne Stämme und stachelbewehrte Blätter, mit denen sie sich, oft über 45 Meter Höhe erreichend, an den Zweigen anderer Bäume aufhängen. Die Rohre werden dicht über dem Boden abgeschnitten,



Links Die aus Palmenblattscheiden gewonnenen Fasern sind ein wichtiges Rohmaterial für Besen und Bürsten. Die Fasern werden zur Reinigung und Entfernung schwacher Strähnen mit Stahlnadeln

gehechelt und dann automatisch in Besen- oder Bürstenkörper eingezogen (oben). Die Bürstenmaschine bohrt Löcher in den Körper und zieht ein Fasernbündel mit Heftdraht ein.



Unten Die Kokospalme wird überall in den Tropen zur Gewinnung ihres Samenfleischs, der Kokosmilch und des in den Samen enthaltenen Kopraöls gezogen, in Indien und Sri Lanka auch als Faserpflanze. Die Frucht-

faser aus der Umbüllung der Nuß, Kokosbast oder Coir, wird der Hülle durch «Rösten» entzogen: Man legt die Nüsse in Salzwasser, hechelt die Fasern dann und verwendet sie für Seiler- und grobe Webwaren.

von den Bäumen abgelöst, die sie als Träger benutzen, von Blättern, Stacheln und Zweigen befreit und in rund fünf Meter lange Abschnitte zerteilt. Diese Abschnitte läßt man etwa einen Monat lang trocknen, ehe man sie gebündelt an Händler versendet, die sie mit Schwefel bleichen. Bei Peddigrohr, das für Möbel oder Matten bestimmt ist, wird möglicherweise die äußerste Schicht entfernt und der Stamm maschinell in lange Streifen zerschnitten. Indonesien als Hauptlieferant von Peddigrohr exportiert dieses Produkt jährlich in Tausenden von Tonnen.

Der Kapokbaum, *Ceiba pentandra*, ist einer der wenigen fasererzeugenden Waldbäume, die nicht zu den Palmen gehören. Er ist einer der höchsten Bäume tropischer Wälder und in einer Reihe von Ländern als Bestandteil des Sekundärwaldes heimisch. Die Pflanzenhaare dieses Baumes — Kapok, Ceibawolle oder Pflanzendaunen genannt — werden aus den länglichen braunen Fruchtkapseln gewonnen. Diese Früchte müssen geerntet werden, sobald sie ausgereift sind, damit sie nicht platzen und sich ihr Inhalt in alle Winde verstreut.

Die Zellen der Kapokfasern sind mit Luft gefüllt, aber da die Zellwände sowohl wasser- wie luftdicht sind, schwimmt Kapok auf dem Wasser und ist sehr elastisch. Er eignet sich deshalb besonders als Füllung von Schwimmgürteln und als Polstermaterial; außerdem wird er zur Wärme- und Schallisolierung verwendet. Thailand, gegenwärtig der weltgrößte Produzent von Kapok, führt jährlich über 10 000 Tonnen dieses Rohstoffs aus.

Manche Arten von *Chorisia* und *Bombax* bringen ebenfalls von Haaren umhüllten Samen hervor, doch diese Fasern sind nach allgemeinem Urteil dem echten Kapok unterlegen.



Links Der Kapokbaum, *Ceiba pentandra*, in den Tropenwäldern Asiens und Afrikas heimisch, wird auch in Indonesien und auf den Philippinen gezogen. Die langen braunen Fruchtkapseln sind mit

Haaren gepolstert, die als Füllung verwendet werden. Ähnliche Pflanzendaunen bringen auch der indische Wollbaum, *Bombax malabarica*, und *Chorisia speciosa* aus Südamerika hervor.

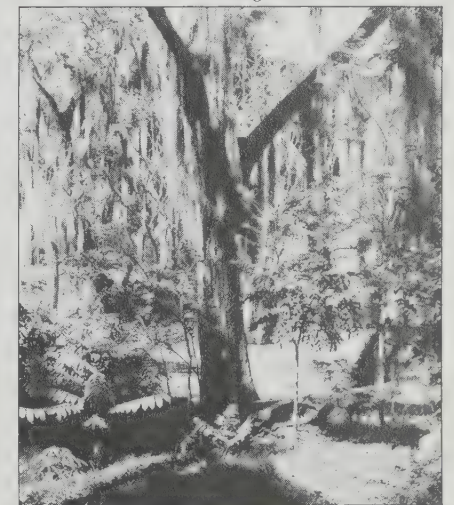
## SEIDE AUS DEM WALD

Eine der wertvollsten Fasern, die der Wald hervorbringt, ist Wildseide, auch Tasarseide genannt. Die Wildseidenkokons werden in China und Nordindien von Salzbäumen, *Shorea robusta*, gewonnen. Während der gewöhnliche Seidenspinner nur Maulbeerblätter frisst, ernährt sich der Tasarwurm ausschließlich von Salbaumblättern. In Indien werden Wildseidenkokons von Eingeborenen gesammelt und auf dem Markt gegen Reis eingetauscht.



## EPIPHYTENFASERN

Spanisches Moos oder Greisenbart, *Tillandsia usneoides*, ist eine in den Küstensumpfwäldern am Golf von Mexiko weitverbreitete Pflanze, manchmal noch als Polstermaterial benutzt. Sie wird in feuchten Haufen gerötet und dann ohne Weiterbearbeitung verwendet.





# Nahrung aus dem Wald

Der vorgeschichtliche Mensch lebte als Jäger und Sammler jahrtausendlang vom Wald. Als vor 10 000 Jahren die erste Landwirtschaftsrevolution stattfand und das offene Grünland zum Anbau von Korn genutzt wurde, stand ein Nahrungsmittel zur Verfügung, das man regelmäßig in reichlichen Mengen gewinnen und lagern konnte. Seit dieser Zeit wurden die im Wald gesammelten Nüsse, Früchte, Wurzeln, Sprosse und Blätter überall dort, wo man Feldbau betrieb, zu zusätzlichen Lebensmitteln, die Abwechslung in den Speisezetteln brachten und ein Ausgleich zur stärkereichen Getreidekost waren.

Im letzten Jahrhundert indes minderten die Fortschritte in Lebensmittelverarbeitung, -lagerung und -verteilung die Abhängigkeit der westlichen Welt von den Früchten der Wälder. Man vergaß, daß er hochwertige Nährmittel birgt, und ging dazu über, viele der früher im Wald gesammelten Früchte in Obstgärten und -plantagen zu ziehen. In Entwicklungsländern jedoch, vor allem in den Tropen und in Regionen, wo es noch Jäger und Sammler gibt, ist der Wald als Nahrungserzeuger lebenswichtig geblieben.

Nüsse und Samen zum Beispiel, von denen viele einen hohen Gehalt an Fetten und Eiweiß haben, sind in manchen Gebieten sehr begehrt, zumal wenn Fleisch, Fisch oder Molkereiprodukte Luxusgüter sind oder

aus unterschiedlichen Gründen abgelehnt werden. Einer der meistgezogenen Tropen- nußbäume ist die Kokospalme; zu den weiteren regional genutzten Arten von wirtschaftlicher Bedeutung zählen der Nieren- oder Cashewnuß-Baum, *Anacardium occidentale*, und der Para- oder Brasilnußbaum, *Bertholletia excelsa*. Paranüsse werden sowohl an Ort und Stelle konsumiert wie für den Export geerntet; die jährliche Ausfuhr an Wildnüssen beläuft sich auf fast 50 000 Tonnen.

Nüsse und Samen aus Laub- und Nadelwäldern der gemäßigten Zonen sind zwar keine lebenswichtigen Güter mehr, werden aber in diesen Gebieten jedes Jahr zu Tausenden von Tonnen in Wäldern und Kulturen geerntet. Mehrere Koniferenarten warmtemperierter Zonen erzeugen wohlgeschmeckende Samenkerne — Pignolien —, die zum Großteil immer noch für lokalen Verbrauch und Export in den Wäldern gesammelt werden. Laubwerfende Wälder bringen eine Vielzahl von Nüssen hervor — in Europa Haselnüsse, Walnüsse und Bucheckern; in Nordamerika Pecannüsse, Pistazien und Mandeln in Asien.

Eicheln gelten nicht mehr als eßbares Waldprodukt, wurden aber früher regelmäßig verzehrt, nachdem man ihnen die bittere, giftige Gerbsäure entzogen hatte. In Europa dienten sie vor allem als Nahrung in Notzeiten, wenn das Brot knapp war, aber in Nordamerika waren sie das Grundnah-

rungsmittel waldbewohnender Indianerstämme, insbesondere der Pomo-Indianer.

Neben Nüssen sind Obst und Beeren begehrte Nahrungsmittel aus dem Wald. Zahlreiche überall bekannte Früchte wie Bananen, Orangen, Erd- und Heidelbeeren, die man heute in Obstkulturen zieht, stammen ursprünglich von Waldbäumen oder -staude.

In manchen Teilen der Erde, insbesondere wo der Feldbau schwierig oder nicht ergiebig genug ist, ersetzen kohlenhydratreiche Früchte wie Datteln und Bananen das tägliche Brot. Von ähnlicher Bedeutung als Grundnahrungsmittel sind Waldpflanzen mit stärkehaltigen Stämmen — so der Stamm der Sagopalme, aus dessen Innerem Palmstärke gewonnen wird — oder Knollen, beispielsweise Wurzelmaniok und Yamswurzel. Die Schoten des Johannisbrotbaums, *Cerantonia siliqua*, und Mezquitebaums, *Prosopis juliflora*, sind besonders wertvoll, da sie neben Stärke auch Eiweiß enthalten.

Zucker ist eines der kohlenhydratreichsten Produkte überhaupt, und obwohl der aus Zuckerrohr und -rüben gewonnene Zucker wirtschaftlich die bedeutendste Rolle spielt, birgt auch der Wald seine zuckererzeugenden Pflanzen. Der nordamerikanische Zuckerahorn, dem Sirup abgezapft wird, ist der einzige Zuckerlieferant des sommergrünen Waldes, aber in den Tropen gibt es

- |   |  |
|---|--|
| 1 Papayas <i>Carica papaya</i>            | 5 Pignolien <i>Pinus</i> div. Arten          |
| 2 Mangopflaumen <i>Mangifera indica</i>   | 6 Yamswurzel <i>Dioscorea</i> div. Arten     |
| 3 Rambuten <i>Nephelium lappaceum</i>     | 7 Span. Roter Pfeffer <i>Capsicum annuum</i> |
| 4 Passionsfrucht <i>Passiflora edulis</i> | 8 Gewürznelken <i>Eugenia caryophyllus</i>   |

- |   |
|---|
| 9 Wacholderbeeren <i>Juniperus communis</i> |
| 10 Kokosnüsse <i>Cocos nucifera</i>         |
| 11 Kardamomen <i>Elettaria cardamomum</i>   |
| 12 Zimt, Kanel <i>Cinnamomum zeylanicum</i> |

- |   |
|---|
| 13 Muskatnuß <i>Myristica fragrans</i>  |
| 14 Datteln <i>Phoenix dactylifera</i>   |
| 15 Lorbeerblätter <i>Laurus nobilis</i> |
| 16 Pfefferkörner <i>Piper nigrum</i>    |
| 17 Nelkenpfeffer <i>Pimenta dioica</i>  |
| 18 Muskatblüte <i>Myristica</i>         |

- |   |
|---|
| 19 Kaffeebohnen <i>Coffea arabica</i>       |
| 20 Vanilleschoten <i>Vanilla planifolia</i> |
| 21 Limonen <i>Citrus aurantifolia</i>       |
| 22 Zitronen <i>Citrus limon</i>             |
| 23 Orangen <i>Citrus sinensis</i>           |



Stärkehaltige Früchte und Wurzelknollen aus dem Wald, wie Brotfrucht und Yamswurzel (Yams, Chinesische Kartoffel, Igname, Brotwurzel, Hottentottenbrot) sowie Bananen, sind in vielen Tropenregionen Grundnahrungsmittel. So sind für den Stamm der Bantu in Afrika Bananen das tägliche Brot. Die Obstbanane ist in den Tropenwäldern Asiens heimisch, wird aber schon lange überall in warmen

Ländern gezogen. Zitrusfrüchte wie Apfelsinen, Zitronen und Limonen sind ebenfalls asiatischen Ursprungs. Sie stammen eigentlich von subtropischen Gewächsen, sind aber heute auch in tropischen und warmgemäßigten Ländern eines der wichtigsten Plantagenprodukte. Ananasplantage,

Guajavenbaum, der Papayas erzeugende Melonenbaum und die Passionsblumen, deren Früchte — Passionsfrüchte, Grenadillen — eßbar sind, entstammen allesamt den Tropenwäldern Südamerikas, werden aber heute in Tropengebieten der ganzen Welt angebaut. Capsicum ist eine weitere Pflanze aus Süd-

amerika; ihre Früchte, Spanischer Roter Pfeffer oder Paprika, werden als Gemüse genossen. Mangos, Mangonen oder Mangopflaumen werden sowohl als Gemüse wie als Obst verzehrt. Der in Südasien heimische Mangobaum wird in Indien seit Jahrtausenden kultiviert. Auch der Rambutan ist eine

asiatische, in Europa wenig bekannte Frucht. Die Weinrebe, eine der ältesten Kulturpflanzen überhaupt, ist vermutlich ebenfalls asiatischer Herkunft. Viele der beliebtesten Waldfrüchte indes stammen aus den Wäldern der gemäßigten Zonen, so Himbeere und Erdbeere.

Neben Früchten und Beeren sind Nüsse und Samen wichtige Nahrungsmittel aus dem Wald. Zu den begehrtesten Waldnüssen zählen die Samenkerne diverser Koniferen — Pignolien —, Hasel- und Walnüsse aus sommergrünen Waldländern und die Paranüsse aus den Tropen.



eine ganze Reihe von Bäumen, deren Saft oder Früchten man Zucker entziehen kann, darunter die Molukken-Zuckerpalme, *Arenca saccharifera*, die in Malaysia und Indonesien sowohl als Wild- wie als Kulturpflanze wächst, die Borassuspalme, *Borassus flabellifer*, und die vorwiegend in Indien gezogene wilde Dattelpalme, *Phoenix silvestris*.

Für die menschliche Ernährung spielen Blätter insofern eine wichtige Rolle, als sie von wiederkäuenden Fleisch- und Milch-erzeugern wie Rindvieh, Ziegen und Schafen in wahren Massen verzehrt werden. Nach Schätzungen liefern die Blätter von Waldbäumen mehr Viehfutter als sämtliche Weiden und Grasfluren der Erde. Da aber diese Art der Nahrungsbeschaffung ziemlich umständlich ist, sucht die Forschung nach Wegen, menschliche Nahrung aus Laub zu erzeugen, ohne daß es zuerst im Pansen von Wiederkäuern verdaut werden muß.

Manche der eßbaren Pflanzen, die der Wald in Fülle hervorbringt, sind wirtschaftlich von weltweiter Bedeutung; manche spielen nur in ihrem Verbreitungsgebiet eine Rolle, während Hunderte anderer in Vergessenheit geraten oder nie genutzt worden sind. Mit entsprechender Zielsetzung könnten die Ernteerträge des Waldes beträchtlich gesteigert und der Wald wieder zum Urquell menschlicher Nahrung werden.

- 24 Pfefferschoten *Capsicum annum*
- 25 Brotfrucht *Artocarpus communis*
- 26 Himbeeren *Rubus idaeus*
- 27 Nadelnüsse *Corylus avellana*
- 28 Paranüsse *Bertholletia excelsa*
- 29 Erdbeeren *Fragaria* div. Arten
- 30 Guajaven *Psidium guajava*



Zahlreiche Gewürze und Samen, die Rohstoff für Getränke sind, stammen ebenfalls von Waldpflanzen. So wird ein Großteil der Weltproduktion an Kaffee von dem kleinen

südamerikanischen, ursprünglich in Abessinien heimischen Kaffeebaum *Coffea arabica* geerntet. Muskatnuß und -blüte (*Macis*) sind die Samen und Samenmäntel, Ge-

würznelken die getrockneten Blütenknospen von Bäumen, die in Indonesien gedeihen. Kardamomen sind die Beeren einer kleinen, in den Wäldern Indiens heimischen

Pflanze, deren Saft ist die gemahlene Rinde eines in Indien und Sri Lanka noch wildwachsenden Baumes. Vanillehülsen werden von

einer in Mittelamerika heimischen Kletterorchidee, Lorbeerblätter von dem im Mittelmeerraum verbreiteten Echten Lorbeer geerntet. Die gemahlene Beeren einer euro-

päischen Zypressenart liefern Nelkenpfeffer, während schwarze Pfefferkörner die Samen eines in den Tropenwäldern Südsiens wachsenden kleinen Kletterstrauchs sind.

Unten Auf trocken-sauren Heide- und Waldböden Europas, Asiens und Nordamerikas finden sich heute noch wilde Preisel- und Moosbeerensträucher. Die Beeren werden im Herbst geerntet und zu Kompott und Marmeladen verarbeitet.

In feuchten Wäldern und Heiden Europas wachsen schwarze und rote Wildformen der Johannisbeere, während der Stachelbeerstrauch felsiges Waldland bevorzugt. Im Riesengebirge, in Westpreußen und Pom-

mern kommt als Eiszeitrelikt die Torf- oder Moltebeere vor, und die kleinsträuchigen Heidelbeeren gedeihen in lichten Wäldern, Heiden und Mooren, sowohl in Europa als auch in Nordamerika, und sind allgemein beliebt.

Unten Der brasilianische, heute überall in den Tropen kultivierte Wurzelmanioke liefert eine stärke- reiche Knolle. Ihr Milchs- saft enthält giftige Blau- säure, die durch Rösten, Trocknen oder Kochen entfernt wird.



Links Wildhonig ist für die Waldstämme Nordindiens ein wichtiges Nahrungsmittel. Der würzigste Honig stammt von der Bienenart *Apis indica*, die ihre Stöcke in Baumästen baut.



- 31 Weintrauben *Vitis vinifera*
- 32 Ananas *Ananas comosus*

- 33 Bananen *Musa* div. Arten
- 34 Walnüsse *Juglans regia*

Oben Marroniduft ist vielerorts ein vertrauter winterlicher Geruch. Geröstete, gekochte oder zu Mehl gemahlene Kastanien waren einst ein bedeutendes Nahrungsmittel.



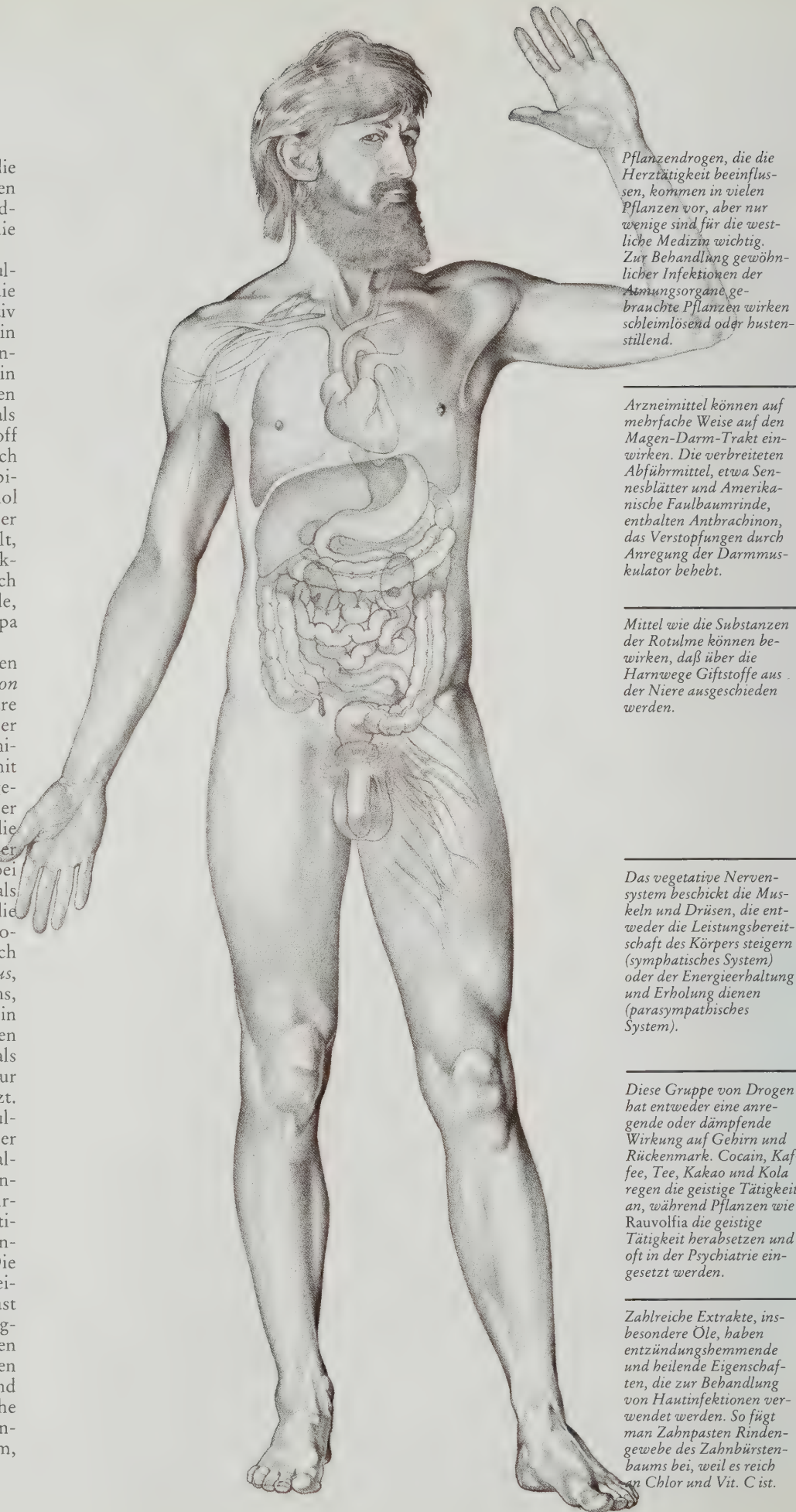
# Arzneimittel

Schon in vorgeschichtlicher Zeit war die Heilwirkung der Blätter, Früchte, Samen und Wurzeln einer großen Anzahl von Waldpflanzen bekannt. Diese Pflanzen waren die ersten Arzneimittel.

Diese von Naturvölkern und alten Kulturen überlieferten Kenntnisse sind die gesamte geschichtliche Zeit hindurch relativ unverändert erhalten geblieben. So sind ein Drittel der von den alten Ägyptern erwähnten Arznei-Waldpflanzen nach wie vor in Gebrauch. Die alten Griechen verwendeten Extrakte der Silberweide, *Salix alba*, als schmerzlindernde Mittel. Der Inhaltsstoff dieses Analgetikums, Salizin, wurde jedoch erst im 19. Jahrhundert isoliert und neu Aspirin genannt. Heute ist Aspirin, neben Alkohol und Nikotin, die verbreitetste Droge der Welt. Es wird meist synthetisch hergestellt, aber der Rohstoff zur industriellen Produktion dieses Medikaments stammt immer noch vorwiegend von Bruch- und Steinweide, *Salix fragilis* und *S. purpurea*, beide in Europa und Asien heimisch.

Eine unheimliche Substanz, aus diversen Arten einer Kletterpflanze, *Chondodendron tomentosum*, gewonnen und heute als Curare bekannt, wurde zum gefürchtetsten aller Gifte. Doch seit der Zeit, als den ersten spanischen Entdecker der Tod durch einen mit Curare vergifteten, von Indianerhand abgeschossenen Pfeil ereilte, verstrichen über 450 Jahre, bis diese Droge ihren Einzug in die westliche Medizin hielt: Ein unbekannter kanadischer Arzt gebrauchte sie 1942 bei einer Blinddarmoperation erfolgreich als Narkosemittel und ermöglichte damit die Anwendung moderner chirurgischer Methoden. Die erstmals 1860 von Livingstone nach Europa gesandten Samen von *Strophantus*, einem in Ostafrika heimischen Gewächs, erwiesen sich für die neuzeitliche Medizin als gleichermaßen wertvoll. Die in den Samen enthaltene Droge, ursprünglich ebenfalls als Pfeilgift verwendet, wird heute allgemein zur Stimulierung der Herzmuskulatur eingesetzt.

Heute zeichnet sich, teilweise als Resultat der zunehmenden Beachtung, die man der Ethnobotanik entgegenbringt, eine Verhaltensänderung ab. Die pharmazeutische Industrie, in steigendem Maße der Nebenwirkungen und Herstellungskosten synthetischer Arzneimittel gewahr, sucht die Pflanzenwelt nach natürlichen Wirkstoffen ab. Die erhöhte Nachfrage nach der Pille zum Beispiel führte dazu, daß man gegenwärtig fast sämtliche Rohstoffe zur Fertigung empfängnisverhütender Mittel aus gewöhnlichen Waldpflanzen gewinnt. Manche Firmen haben im Rahmen ihres Forschungs- und Entwicklungsprogramms umfangreiche Arboreta angelegt, und viele Drogenpflanzen, so *Cinchona*, der Chinarindenbaum, werden auf Plantagen gezüchtet.



Pflanzendrogen, die die Herzaktivität beeinflussen, kommen in vielen Pflanzen vor, aber nur wenige sind für die westliche Medizin wichtig. Zur Behandlung gewöhnlicher Infektionen der Atmungsorgane gebrauchte Pflanzen wirken schleimlösend oder hustenstillend.

Arzneimittel können auf mehrfache Weise auf den Magen-Darm-Trakt einwirken. Die verbreiteten Abführmittel, etwa Senesblättern und Amerikanische Faulbaumrinde, enthalten Anthrachinon, das Verstopfungen durch Anregung der Darmmuskulatur behebt.

Mittel wie die Substanzen der Rotulme können bewirken, daß über die Harnwege Giftstoffe aus der Niere ausgeschieden werden.

Das vegetative Nervensystem beschickt die Muskeln und Drüsen, die entweder die Leistungsbereitschaft des Körpers steigern (sympathisches System) oder der Energieerhaltung und Erholung dienen (parasymphathisches System).

Diese Gruppe von Drogen hat entweder eine anregende oder dämpfende Wirkung auf Gehirn und Rückenmark. Cocain, Kaffee, Tee, Kakao und Kola regen die geistige Tätigkeit an, während Pflanzen wie Rauwolfia die geistige Tätigkeit herabsetzen und oft in der Psychiatrie eingesetzt werden.

Zahlreiche Extrakte, insbesondere Öle, haben entzündungshemmende und heilende Eigenschaften, die zur Behandlung von Hautinfektionen verwendet werden. So fügt man Zahnpasten Rindengewebe des Zahnbürstenbaums bei, weil es reich an Chlor und Vit. C ist.



**Herzmuskulatur**  
Chinarinde, Fiebertinde,  
peruanische Rinde  
*Cinchona succirubra*  
Bolivien, Peru



Links Das aus der Rinde des  
Cinchona-Baums herge-  
stellte Chinin wird all-  
gemein bei Herzrhythmus-  
störungen angewendet.  
Der ursprünglich in Peru  
heimische Chinarinden-  
baum wird heute zur wirt-  
schaftlichen Nutzung in  
Kenia kultiviert.

**Strophanthus-Samen**  
*Strophanthus kombé*  
Ostafrika



**Atmungswege**  
Rinde der spätblühenden  
Traubenkirsche  
*Prunus serotina*  
Kanada, USA



**Benzoëharz**  
*Styrax benzoin*  
Java, Sumatra



**Brechwurz, Ipecacuanha**  
Die aus der getrockneten  
Wurzel von Cephælis  
ipecacuanha gewonnene  
Droge wurde 1672 als aus-  
wurförderndes Mittel zur  
Heilung von Erkrankun-  
gen der Atmungswege in  
Europa eingeführt. Sie  
wird aus Wildpflanzen  
gewonnen, die in den Wäl-  
dern des Mato Grosso  
wachsen.

**Magen-Darm-Trakt**  
Amerikanische Faulbaum-  
rinde (*Cascara sagrada*)  
*Rhamnus purshiana*  
Pazifikküste von N. Amerika



**Esche**  
Manna- oder Blumenesche  
*Fraxinus ornus*  
Europa, Nordamerika



**Aloesaft**  
*Aloe ferox*  
Südafrika



**Kreuzdornfrüchte (Pur-  
gierbeeren)**  
*Rhamnus cathartica*  
Europa, Nordamerika



**Samen**  
Rizinussamen  
*Ricinus communis*  
Südamerika, Afrika, Italien



**Sennesblätter (Folia  
Sennae)**  
*Cassia angustifolia*  
Indien, Ägypten



**Harntrakt**  
Amerik. Rotulmenrinde  
*Ulmus rubra*  
Kanada, USA



**Bärentraubenfrüchte**  
*Arctostaphylos uva-ursi*  
Mittel- und Nordeuropa,  
Nordamerika



**Geschlechtsorgane**  
Seit kurzem gibt es pflanz-  
liche Sexualhormone – wie  
Diosgenin, das aus der  
Yamswurzel stammt, und  
Sarsapagenin, das der  
Palmlilie entzogen wird –,  
die für zahlreiche thera-  
peutische Zwecke, so bei  
klimakterischen oder prä-  
menstruellen Beschwerden  
oder Keimdrüsenchwä-  
che, eingesetzt werden.

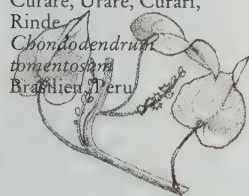
**Gänsefliederinde**  
*Viburnum prunifolium*  
Europa



**Yamswurzelblätter**  
*Dioscorea*  
Mexiko



**Vegetatives  
Nervensystem**  
Curare, Urare, Curari,  
Rinde  
*Chondodendrum  
tomentosum*  
Brasilien, Peru



**Stechapfel**  
*Datura sanguinea*  
Ekuador



**Meerträubel, Stamm**  
*Ephedra sinica*  
China



**Jaborandiblätter**  
*Pilocarpus microphyllus*  
Süd- und Mittelamerika,  
Westindien



**Kalabar-, Gottesurteils-  
bohnen**  
*Physostigma venenosum*  
Westafrika



**Betelnuß**  
*Areca catechu*  
Südostasien



**Aspidosperma**  
Dieser in Südamerika hei-  
mische Baum ist eine mög-  
liche neue Quelle für Be-  
ruhigungsmittel. Da es  
hohe Bäume sind, wäre  
die Rinde in fast unbe-  
grenzten Mengen für  
industrielle Zwecke ver-  
fügbar.



**Zentralnervensystem**  
Weidenrinde  
*Salix fragilis*  
Europa  
*Salix purpurea*  
Amerika



**Cocablätter**  
*Erythroxylon coca*  
Südamerika, Indonesien



**Kola- oder Gurunuß**  
*Cola acuminata*  
Westafrika, Westindien,  
Brasilien, Java



**Brechnuß**  
*Strychnos nux-vomica*  
Indien, Nordaustralien



**Rauvolfia**  
*Rauvolfia serpentina*  
Afrika



**Die Haut**  
Blätter des Zahnbürsten-  
baums  
*Salvadora persica*  
Afrika, Indien



**Walnuß**  
*Juglans regia*  
Europa



**Krämpfe,  
Verstauchungen**  
Zaubernußblätter  
*Hamamelis virginiana*  
Nordamerika



**Antibiotika, Behandlung  
von Krankheiten und  
Tumoren**  
Antibiotika wie der  
Wurmfarn enthalten einen  
Balsam, der die Gewebe-  
kontraktionen des Band-  
wurms lähmt.

**Wurmfarnblätter**  
*Dryopteris filix-mas*  
Europa



**Hydrastis canadensis**  
Eine in den Wäldern Ost-  
kanadas und der amerika-  
nischen Oststaaten hei-  
mische windröschenähnliche  
Dauerpflanze. Die frühen  
europäischen Siedler lernten  
den Gebrauch von  
Hydrastis als keimtötendes  
Mittel von den Tschero-  
kesen kennen.



# Erholung

Unten Seen und Bäche im Wald sind Anziehungspunkte für den Besucher. Durch den systematischen Schutz der Gewässer können Erholungsräume geschaffen werden, und der Wald kann weiterhin seine Funktion als Liefe-

rant sauberen Wassers erfüllen. Die Forstleute müssen dafür sorgen, daß weder die Interessen der Waldbesucher, etwa des Jägers oder Wanderers, noch die Belange des Waldes und die der Menschen kollidieren.



Der Begriff Erholung ist nicht älter als der Begriff Arbeitszeit. Für einen Bauern von früher war das, was wir heute unter Erholung verstehen — Sport treiben, ausruhen, die Schönheiten der Natur genießen —, ein ganz natürlicher Bestandteil seines Arbeitstags im Freien, der von Auf- und Untergang der Sonne begrenzt war. Heute jedoch, wo immer mehr Menschen nach einem festen Stundenplan in Großstädten arbeiten und leben, besteht die Notwendigkeit, einen Teil der Zeit gezielt der Erholung zu widmen, und so ist dem Wald eine weitere Aufgabe zugefallen: die Rolle des schönen Freiluftschauplatzes erholsamer Aktivitäten.

In den großen europäischen Jagdwäldern des Mittelalters war die sportliche Betätigung mit dem Nahrungserwerb verknüpft, aber die zur Erhaltung von Jagdwild geschützten Wälder wurden außerdem einer Vielzahl anderer Bedürfnisse des Menschen gerecht (siehe Seiten 142/143). Sie verkörperten eine frühe Verwirklichung des Prinzips, daß ein bewirtschafteter Wald vielseitig genutzt und

daß ein Nutzwald schön sein kann, denn ohne Nutzung ist keine Pflege möglich. Der Förster von heute betrachtet selektive Schläge, reine Luft, sauberes Wasser, feste Böden, Überwachung von Baumwachstum und -krankheiten, eine reiche Wildfauna, natürliche Schönheit und hohen Freizeitwert als Ziele, die sich gegenseitig ergänzen.

Die Freuden, die der Wald spendet, hängen ebenso von den einzelnen Waldtypen wie von der Persönlichkeit des einzelnen Waldbesuchers ab: Während einen Fotoamateure die herbstliche Farbenpracht des Laubwalds entzücken mag, sind die schneebedeckten, oft von Wald gesäumten Pisten und Loipen des Skiläufers Wonne. Doch zu den erholsamsten Vergnügen zählt wohl ein schlichter Spaziergang durch die Stille des Waldes.

Aber selbst der Spaziergänger, der einen scheinbar völlig «natürlichen» Wald durchwandert, ist auf den Förster angewiesen, denn auch reine Erholungswälder müssen überwacht werden. Und der Förster in einem

Nutzwald kommt den Interessen der Erholungssuchenden entgegen. Wenn er zum Beispiel eine Lichtung schlägt und so den Konkurrenzkampf im Wald entschärft, können die verbleibenden Bäume zu größerer Höhe und Stärke heranwachsen und Sämlinge ans Licht emporstreben. Zugleich sind solche sonnigen Stellen, wo sich alsbald Gras, Kräuter und Blumen als Futter für Wildtiere ansiedeln, dem Waldbesucher als Picknickplatz hochwillkommen.

Gewässer sind eine Hauptattraktion des Waldes, und eine Aufgabe der Förster besteht darin, die Waldbäume als Hüter wichtiger, Städte und Land speisender Wasserläufe zu erhalten. Aus diesem Dienst an der Allgemeinheit zieht auch der Angler Gewinn.

Brauchen die Menschen den Wald, um sich darin zu erholen, so braucht der Wald die schützende Hand der Förster, damit er für seine Besucher ein Quell der Freude bleibt. Zu den Aufgaben der Forstleute zählt auch die Anlage von Wegen, die die Erholungssuchenden durch den Wald geleiten.



Unten Holzfällerwege oder neuangelegte Pfade sorgen für Zugang zum Wald, Tische und Bänke für Komfort, während eigens errichtete Feuerstellen das Brandrisiko vermindern.



Unten Indem der Jäger die Wildbestände in Schranken hält, hilft er dem Förster, das ökologische Gleichgewicht zu gewährleisten. Die geordnet gepflanzten Baumbestände machen den Wald für Jäger leicht begeh-



bar, und in Lichtungen können Gras und Triebe junger Laubbäume gedeihen, die das Lieblingsfutter von Rehen und kleineren Wildtieren sind.



Links Vom Rücken eines Pferdes läßt sich der Wald bequem übersehen, aber Reitwege müssen sorgfältig angelegt werden, damit niemand zu Abkürzungen verleitet wird.

Rechts Im Spätsommer und Herbst hat der Waldbesucher das zusätzliche Vergnügen, Pilze und Früchte einzusammeln, wie etwa Holunderbeeren, die reich an Vitamin C sind.



Unten Der Skilauf ist zum Volkssport geworden. Alte Holzfällerwege und geplante Bahnen können so zu Schleifen verbunden werden, daß der Wald nicht durch scharfe Skikanten Schaden nimmt.



Oben Hobby-Ornithologen sind begeistert von den gefiederten Waldbewohnern. Dieser Vogellieb-

haber hat sich so getarnt, daß er sich den Vögeln nähern und sie beobachten kann, ohne sie zu stören.

In vielen Wäldern wurden für Vogelfreunde eigens versteckte Beobachtungsstände geschaffen.





# Die künftige Rohstoffquelle



Oben Die meisten Bäume dieser Kiefernplantage wurden bereits gefällt. Zwischen den restlichen Bäumen ist Mais angepflanzt worden. Die jährliche Ernte von Nahrungsmitteln, die zwischen Nutzholzbäumen angebaut werden, ist eine äußerst ergiebige Art der

Nutzung von Waldboden. Wenn die stetig anwachsende Weltbevölkerung künftighin sowohl ernährt wie mit Brennstoff und anderen Holzprodukten versorgt werden soll, erlangen solche Methoden des Ackerwaldbaus womöglich große Bedeutung.

Es ist möglich, daß die Wälder künftighin zur wertvollsten Bezugsquelle von Rohstoff avancieren, über die wir verfügen — eine Quelle, die uns nicht nur mit herkömmlichen Holzzeugnissen versorgt, sondern auch mit Energie, Chemikalien, Nahrung, Medikamenten und vielen anderen Produkten, für deren Herstellung man gegenwärtig auf fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdgas und Erdöl angewiesen ist.

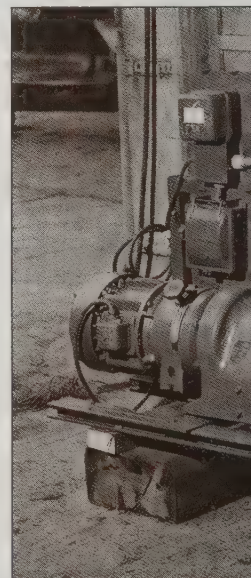
Oberflächlich betrachtet scheint das Potential des Waldes als Energiequelle gering: Holzbrennstoff ist weniger leistungsfähig und erfordert ein komplizierteres Verteilungsnetz als die konventionellen Energieträger. Aber Holz besitzt eine Eigenschaft, durch die es seine ehemalige Bedeutung als Brennstoff wiedererlangen kann: Im Gegensatz zu fossilen Lagern hat es die Fähigkeit, sich stetig zu erneuern.

Allein die Wirtschaftswälder der Vereinigten Staaten enthalten rund fünfzig Trillionen kcal (Kilokalorien) an Energie — eine Menge, die den gesamten Weltenergiebedarf ein Jahr lang deckt. Und jährlich fangen diese Wälder weitere 1 250 Billionen kcal Energie aus dem Sonnenlicht ein. Dieser Zuwachs ist jedoch gering, weil der überwiegende Teil des Waldes den Endzustand der Vegetation erreicht hat und daher kaum wächst. Bei intensiver Waldbewirtschaftung wäre es indes möglich, die jährliche Absorption von Sonnenenergie schätzungsweise um das Fünffache zu steigern, was einem Drittel des Gesamtenergieverbrauchs der Vereinigten Staaten im Jahr 1978 entspräche. Und diese Jahresmenge könnte laufend aufrechterhalten oder durch Baumzuchtungen sogar erhöht werden.

Im Augenblick ist es wirtschaftlich unergiebig, den gesamten Waldbau auf die Energieerzeugung auszurichten. Doch die Nutz-

## DIE WIEDERVERWERTUNG VON PAPIER

Die Nachfrage nach Waldprodukten erhöht sich weltweit Jahr um Jahr. Dank verbesserter Forstbautechniken sowie umsichtigerer Verarbeitung und Verwendung der Rohstoffe des Waldes konnte die Industrie mit dem Bedarf Schritt halten. Eine bislang unausgeschöpfte industrielle Möglichkeit, die dazu beitragen kann, den Bedarf auch in Zukunft zu decken, ist das vollständige Recycling von Material nach dem ersten Gebrauch. Papier ist eines der wichtigsten Walderzeugnisse: Gegenwärtig werden jährlich über 150 Millionen Tonnen Papier und Pappe hergestellt. Von dieser Menge wird aber nur ein relativ kleiner Teil wiederverwertet, obwohl Papier eines der Holzprodukte ist, die sich zum Recycling am besten eignen. Zwar können nicht alle Papierarten aus eingestampftem Altpapier gefertigt werden; so würde hochwertiges Druckpapier zu schnell gilben, wenn es aus wiederverwerteten Fasern bestünde. Aber für sämtliche Zeitungsdruckpapiere kann, da sie kurzlebig sind, ohne weiteres Makulatur verwendet werden.





schwelle — der Punkt, von dem ab es lohnt, einen Teil der Bäume zur direkten Umwandlung in industriellen Kraftstoff einzuschlagen — ist, bei der Anwendung modernster Holzernte- und Verbrennungsmethoden, bereits erreicht. Solche Ernteverfahren werden immer lohnender, weil der Preis fossiler Brennstoffe steigt und die Technologie stetig Fortschritte macht.

In Zukunft wird unsere Energie womöglich teilweise aus Holz gewonnen, das von «Energiefarmen» stammt. Diese Farmen bestanden aus Kulturen, in denen Holz genauso gezogen wird wie Getreide. Die schnellwüchsige Kultivation von Biomassen dieser Art würde nach der ersten «Umtriebszeit» — der Zeit, innerhalb der ein Wald auf einer bestimmten Fläche völlig erneuert wird — zur rentablen Energiequelle. Diese Nutzwirtschaft könnte beim Anbau von *Eucalyptus deglupta* bereits in fünf Jahren erreicht sein, hauptsächlich deshalb, weil sich nach dieser Spanne die Kosten der Bodenvorbereitung verringern würden.

Die derzeitige Verwendung von Energie aus Holz ist weitgehend auf die Holzprodukteindustrie beschränkt, die Holzabfälle zur Stromerzeugung verbrennt. Sie wird sich aber in Zukunft bestimmt auf viele andere Bereiche ausdehnen.

Es wird auch die Zeit kommen, wo die Extraktion von Öl aus Holzspänen lohnt. In den Vereinigten Staaten gewinnt man bereits heute Öl aus Douglasienspänen. Die zu Holzmehl zerriebenen, getrockneten Späne werden entweder mit Wasser oder leichtem Öl versetzt, die zur Aufspaltung des Materials beitragen, oder direkt in einen unter Druck arbeitenden Reaktionsapparat gefüllt. Der Mischung wird als Katalysator kohlenstoffhaltiges Natron und zur Förderung des Preßvorgangs Kohlenhydroxyd beigelegt.

Am Ende des Herstellungsprozesses wird der Druck herabgesetzt und das Öl von den festen Restbestandteilen getrennt. Das Endprodukt kann zum Antrieb elektrischer Anlagen gebraucht werden und belastet durch seinen niedrigen Schwefelgehalt die Umwelt nur geringfügig.

Rund ein Drittel des Gesamtgewichts, auf das sich der jährliche Pflanzennachwuchs weltweit beläuft, entfällt auf Zellulose, und Stärke wird ebenfalls reichlich erzeugt. Beide Pflanzenpolymere sind Glukoseverbindungen — ein Zucker mit hohem Energiegehalt, der für Mikroben, die meisten Tiere und den Menschen verwertbar ist. Diese in großer Menge vorhandenen Stoffe könnten die Bevölkerung von Entwicklungsländern mit der so dringend benötigten Nahrung versorgen.

Es sind bereits Experimente mit thermophilen anaeroben Bakterien — bei hoher Temperatur ohne Sauerstoff lebensfähige Organismen — durchgeführt worden, die Zellulose und Stärke abbauen. Eine bestimmte Bakterienart wandelt Stärke in Äthylalkohol und Milchsäure um, eine weitere erzeugt ein wirksames, Zellulose zersetzendes Enzym, das man zum Abbau von Zellulose in Glukose verwenden kann. Daneben gibt es Bakterien, die Glukose in Essigsäure und Äthylalkohol spalten.

Seit vielen Jahren werden bei der Papierherstellung abfallende Nebenprodukte wie Kolophonium, Terpentinöl, Vanillin, Nährhefe mit hohem Eiweißgehalt und Aktivholzkohle aufgefangen. In der heutigen Zeit, wo man sich um erneuerbare Ressourcen bemüht, wird man die aus Zellstoffabläugen wiedergewonnene Menge an Holzchemikalien noch zu steigern versuchen.

Ferner bringt der Wald viele heilkräftige Arzneirohstoffe hervor (siehe Seiten 212/213). Manche davon entdeckt man erst heute

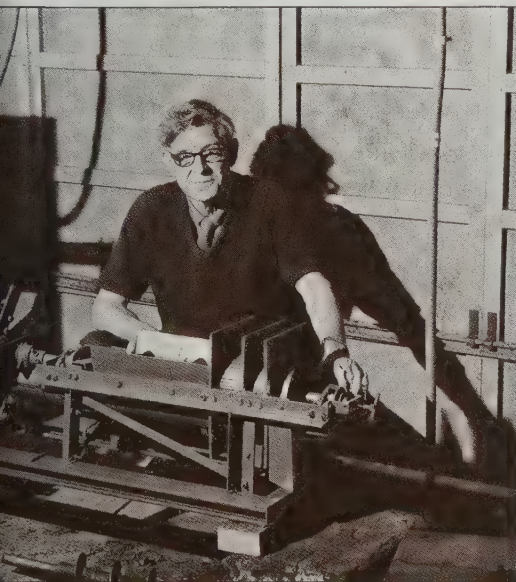
neu, nachdem sie jahrhundertlang als Volksmedizin verwendet wurden, während wir andere den Erkenntnissen der modernen Forschung verdanken. So werden gegenwärtig in Rußland Versuche unternommen, für die industrielle Herstellung der Vitamine A und E Kiefernadeln heranzuziehen. Und in letzter Zeit ist es gelungen, aus bestimmten Baumarten Stoffe zu gewinnen, die gegen Leukämie, Tumoren und Mikroben wirksam sind.

Die Wälder bergen ungeheure Vorräte an natürlichen Ressourcen, wenn man sie sorgfältig bewirtschaftet. Das wohl schwerwiegendste Problem, vor das sich der Förster künftig gestellt sieht, ist die Frage, wie viele der vorhandenen Wälder im Jahr 2000 noch übrig sind.

Dieses Problem ist vor allem in tropischen Entwicklungsländern akut, wo riesige Waldareale durch Brandrodungsfeldbau und Brennholzeinschläge verwüstet wurden. Diese Kahlschläge werden nach wenigen Jahren der landwirtschaftlichen Nutzung sowohl für den Wald- wie den Feldbau unbrauchbar. Allerdings gibt es Pionierbaumarten, die sich an verarmten Boden anpassen und ihn stellenweise zu regenerieren vermögen.

Obzwar geographisch auf die Tropen beschränkt, haben Entwaldungen dieses Ausmaßes womöglich weltweite Folgen für den Kohlendioxydhaushalt der Erde, da die Wälder einen Überschuß an Sauerstoff erzeugen und mehr Kohlendioxyd verbrauchen, als sie abgeben (siehe Seiten 116/117).

Wenn die Wälder der Erde sämtlichen Bedürfnissen der menschlichen Gesellschaft genügen und ihre Erholungsmöglichkeiten, landschaftlichen Reize und Lebensräume für Fauna und Flora bewahren sollen, werden sie diesen häufig unvereinbaren Ansprüchen nur durch gründliche Planung gerecht.



Links Die Wälder verfügen über das nötige Potential, um zur Hauptnahrungsquelle der Welt zu werden. Blätter enthalten wertvolles Eiweiß, aber da der menschliche Verdauungsapparat Laubkost nicht abbaut, muß Laub erst zu Blattbrei verarbeitet werden, den man auspreßt und den Saft dann koaguliert. In der Versuchsstation Rothamstead in England sind Laub-Pulpers (Stofflöser) entwickelt worden, die ein Nahrungsmittel mit hohem Nährwert erzeugen.

Rechts In Brasilien werden Automobile bereits auf Alkoholkraftstoff umgestellt, den man aus Zuckerrohr gewinnt. Alkohol aus Holz eignet sich ebenfalls für diesen Zweck.





# Register

Kursiv gedruckte Seitenzahlen beziehen sich auf Abbildungen und Bildlegenden.

## A

Abachi, Obeche, Samba 169, 176  
*Abies alba* (Edel-, Weiß- oder Silbertanne) 56  
 – *A. amabilis* (Purpurtanne) 56  
 – *A. balsamea* (Balsamtanne) 56, 63  
 – *A. grandis* Große Küstentanne 56  
 – *A. lasiocarpa* (Felsengebirgstanne) 56, 63  
 – *A. magnifica* (Prachttanne) 56  
 – *A. mariesii* 140  
 – *A. nephrolepis* 56  
 – *A. pindrow* 56  
 – *A. procera* (Amerik. Edeltanne, Silbertanne) 56  
 – *A. sibirica* (Sibirische Tanne) 56, 63  
 – *A. spectabilis* (Himalajatanne) 56  
 – *A. veitchii* (Veitch-Tanne) 140, 141  
*Acacia* 152, 192, 203  
 – *A. koa* (Koa) 150  
 – *A. melanoxylon* (Schwarzholzakazie) 150  
*Acer* griseum 123  
 – *A. hersii* 123  
 – *A. macrophyllum* (Großblättriger Ahorn) 122  
 – *A. palmatum* (Fächer-, Japanahorn) 141  
 – *A. pseudoplatanus* (Bergahorn) 120, 122  
 – *A. saccharinum* (Silberahorn) 122  
 – *A. saccharum* (Zuckerahorn) 120, 122  
*Acrididae* (Grashüpfer) 85, 88  
*Adamsonia digitata* (Affenbrotbaum) 95, 208  
 Adler 58  
 – Fischadler 105  
 – Weißkopf-Seeadler 62  
 Adventivpflanzen 29  
 Affen 66, 97, 104, 106  
 Affenbrotbaum (*Adamsonia digitata*) 95, 208  
 Afromosia 163, 179  
*Agathis* 68, 90, 150  
 – *A. alba* (Kopal) 197  
 – *A. australis* 69, 150, 197  
 Agba 163, 176  
 Aguti, Goldhase 85  
 Ahorn (*Acer*) 16, 70, 120, 122, 125, 131, 138, 139, 140, 145, 162, 163  
 – Ahorn, Großblättriger (*A. macrophyllum*) 122  
 – Bergahorn (*A. pseudoplatanus*) 26, 120, 122, 123, 163  
 – Japan-Fächerahorn (*A. palmatum*) 123, 140, 141  
 – Rotahorn 136  
 – Silberahorn (*A. saccharinum*) 122  
 – Weinahorn 70  
 – Zuckerahorn (*A. saccharum*) 120, 122, 162, 210  
*Ailanthus altissima* (Götterbaum) 138  
 Akazie (*Acacia*) 95, 150, 152, 153  
 – Koa (*A. koa*) 150  
 – Schwarzholzakazie (*A. melanoxylon*) 150  
 Alaska 54, 56, 64  
*Albizia* (Seidenbaum) 140, 163  
*Alces alces* (Elch) 75  
 – *A. A. gigas* (Alaska-Elch) 75  
 Alerce, Lahuan (*Fitzroya cupressoides*) 163, 176  
 Algen 20, 101  
 – blaugrüne Algen 89, 101  
 Alligator s. Krokodile  
*Allium fistulosum* (Winterzwiebel) 27  
*Aloe ferox* (Aloesart) 213  
 Alpen 26, 54, 56, 65, 66, 120, 132  
 Alpensalamander 67  
 Altamira 27  
 Altweltaffen, Schmalnasenaffen 25, 86, 110  
*Amanita muscaria* (Fliegenpilz)  
 – *A. phalloides* (Grüner Knollenblätterpilz) 131

Amaranthholz, Purpleheart 162, 177  
 Amazonas-Regenwald 38, 39, 48, 84–85, 92, 114, 115, 116, 117, 200  
 Amberbaum (*Liquidambar*) 139  
 – Liquidambar, Amerik. Amberbaum 162, 188  
 Ameisen 61, 80, 89, 101, 103, 114  
 Ameisenbären 85  
 – Tamandua 84  
 Ameisenbeutler, Numbat (*Myrmecobius fasciatus*) 154  
 Ameisenpflanzen, Myrmekodien 88, 101, 103  
*Anabaena* (Bakterien) 19  
 Ananas (*Ananas comosus*) 210, 211  
*Anacardium occidentale* (Nieren-, Cashewnußbaum) 210  
 Anden 55, 68, 93  
*Aneurophyton* 20  
 Angiospermen, Bedecktsamer 17, 21  
*Angophora* 152  
*Anisoptera* 90  
 Annatto 202  
*Antechinops stuartii* (braune Beutelmaus) 155  
*Anthrax* 22, 23  
 Antilopen 87, 89  
*Apatura ilia* (Rotfalter) 126  
 Apfelsine, Süße Orange (*Citrus sinensis*) 210  
 Araukarie, «Andentanne» (*Araucaria*) 21, 68, 146, 163  
 – Araukarie, Brasil. Pinheiro (*A. angustifolia*) 68, 69  
 – Araukarie, Chilen. (*A. araucana*) 55, 68  
 – «Bunya-Bunya» (*A. bidwillii*) 68, 69  
 – Norfolktanne (*A. heterophylla*) 69, 151  
*Araucaria* (Araukarie) 90  
 – *A. angustifolia* (Brasil. Araukarie, Pinheiro) 69, 162  
 – *A. araucana* (Chilen. Araukarie) 55, 68, 162  
 – *A. bidwillii* («Bunya-Bunya») 68, 69  
 – *A. cunninghamii* 68  
 – *A. heterophylla* (Norfolktanne) 21, 69, 151  
*Arbutus menziesii* (Madrona) 134  
 – *A. unedo* (Erdbeerbaum) 134  
*Archaeopteris* (Farn) 20  
*Archaeopteryx* 105  
*Archaeosperma* 21  
*Arctostaphylos uva-ursi* (Bärentraube) 213  
*Ardea herodias occidentalis* (Weißer Kanadareihher) 137  
*Areca catechu* (Betelnußpalme) 203, 213  
*Arenga saccharifera* (Zuckerpalme) 211  
*Ariolimax columbianus* (Bananenschnecke) 71  
*Armadiillium vulgare* (Rollassel) 125  
*Armillaria mellea* (Hallimasch) 45, 130  
*Artocarpus communis* (Brotfrucht) 210  
*Arundaria amabilis* (Bambus) 206, 207  
 Arznei-, Drogenpflanzen 113, 212–213, 217  
*Aspidosperma* (Arzneipflanze) 213  
 Asseln 124  
 – Rollassel (*Armadiillium vulgare*) 125  
 – Kellersassel (*Porcellio scaber*) 125  
 Assimilation s. Photosynthese  
*Athrotaxis selaginoides* 69  
*Attalea funifera* (Piassavepalme) 208  
 Auerochs 27  
 Ausschlag- oder Niederwälder 32, 33, 36  
 Austernseitling (*Pleurotus ostreatus*) 130  
 Australien 34, 35, 43, 80, 81, 90, 91, 96, 108, 133, 134, 146, 148, 149, 150, 151, 152–153, 154, 156, 158, 178, 179  
*Australopithecus* 24, 25  
 – *A. africanus* 25  
 – *A. boisei* 25  
*Austrocedrus chilensis* 68  
*Avicennia* (Mangrove) 96

## B

Baikalsee 72, 63  
 Baka-Stamm 112, 113  
 Balsa 162, 177  
 Balsame s. Harze  
 Bambus 98–99, 163, 180, 206–207  
*Bambusa* (Bambus) 98  
 Banane (*Musa*) 112, 210, 211  
 Bananenschnecke (*Ariolimax columbianus*) 71  
 Banks, Joseph 149  
*Banksia* 155  
 Bantu-Stamm 29, 112, 210  
 Bates, Henry Walter 115  
 Bären 58, 59, 61  
 – Bambusbär, Riesenpanda (Kleimbär) 98, 99  
 – Baribal, Schwarzbär 71  
 – Braunbär 63  
 – Graubär, Grislybär 76  
 – Waschbär, Schupp (Kleimbär) 77, 137  
 – Wickelbär, Kinkaju (Kleimbär) 103  
 Bäreninsel 23  
 Bärenmaki, Angwangtibo 110  
 Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*) 62, 213  
 Bärlappe 20, 21, 62, 70, 71  
 Basralocus, Angélique 162, 179  
 Baumpflanzung 166, 167, 206  
 Baumschnecke 137  
 Beize 143  
 Bennettiteen 20, 21  
 Bernstein 22, 31, 197  
*Bertholletia excelsa* (Para- oder Brasilnußbaum) 210, 211  
 Bestäubung s. Vermehrung  
 – Bestäubung, künstliche 51  
 Betelnußpalme (*Areca catechu*) 160, 203, 213  
*Betula ermanii* 120, 140  
 – *B. papyrifera* (Papierbirke) 123  
 – *B. pendula* (Warzen- oder Hängebirke) 120  
 – *B. utilis* 65  
 Beuteldachse, Bandikuts, Nasenbeutler 154  
 Beutelfrösche s. Laubfrösche  
 Beutelmäuse 155  
 – Beutelmaus, braune (*Antechinops stuartii*) 155  
 Beutel- oder Buschteufel (*Sarcophilus harrisi*) 155  
 Beuteltiere 153  
 – Fuchskusu, Austral. Opossum (*Trichosurus vulpecula*) 155  
 – Opossum, Nordamerik. Beuteltier 76, 84, 154  
 – Yapok, Schwimmbeutler 85, 105, 155  
 – Zwergbeutelratte 155  
 Beuteltiere (*Marsupialia*) 85, 90, 91, 153, 154–155  
 Bialowieza-Wald 42  
 Biber (s. auch Nutria) 45, 58, 62, 63, 76  
 Bilinga, Opepe 163, 179  
 Biltmore 40  
 Biotop- und Artenschutz s. Naturschutz  
 Birhor-Stamm 112, 113  
 Birke (*Betula*) 16, 28, 29, 31, 55, 60, 62, 74, 120, 122, 138, 140, 163, 203  
 – Gelbbirke 162  
 – Papierbirke (*B. papyrifera*) 123  
 – Warzen- oder Hängebirke (*B. pendula*) 120  
 Birkhuhn s. Rauhfußhühner  
 Birnbaum 163  
 Birnenstäubling (*Lycoperdon pyriforme*) 131  
 Bisamratte 76, 77  
 Bison (*Bison bison*) 27  
 – Bison, Europäischer, Wisent (*B. bison bonasus*) 27, 42  
*Bixa orellana* (Orleansstrauch) 202  
 Blattgrün s. Chlorophyll  
 Bleistifttherstellung 177  
 Blütenpflanzen, Samenpflanzen 21, 24, 84, 88, 101  
 Blutsauger s. Fledermäuse

Boaschlangen s. Riesenschlangen: Anakonda  
*Boletus edulis* (Steinpilz) 130  
 – *B. satanas* (Satanspilz) 131  
*Bombax* (Wollbaum) 208, 209  
 – *B. malabarica* (Indischer Wollbaum) 209  
 Bongossi, «Afrik. Eiche» (*Lophira elata*) 86, 163, 179  
 Bonpland, Aimé 115  
 Bonsai 140  
 Borneo 25, 88, 90, 103, 104, 108  
*Borassus flabellifer* (Borassus-, Palmyrapalme) 208, 211  
*Boswellia carteri* (Weihrauch) 196  
 Brandschäden 44  
 Brasil- oder Rotholzbaum (*Caesalpinia echinata*) 203  
 Braunkohle, Lignit 22, 23  
 Brechnuß (*Strychnos nux-vomica*) 213  
 Brechwurz, Ipecacuanha (*Cephaelis ipecacuanha*) 213  
 Bromelien 80, 84, 92, 95, 100, 103  
 Brotfrucht 210  
*Broussonetia papyrifera* (Papiermaulbeerbaum) 180, 208  
*Bruguiera* (Mangrove) 96, 97  
 Brüllaffe 24, 25, 111  
 – Brüllaffe, Roter 110  
 Buche (*Fagus*) 16, 29, 118, 120, 122, 125, 126, 127, 140, 150, 162  
 – Buche, Großblättrige (*F. grandifolia*) 120, 162  
 – Rotbuche (*F. silvatica*) 120, 122, 123, 163  
 Bucheckern 32, 131, 210  
 Buchsbaum 163  
 Büffel 87  
*Bufo bufo* (Erdkröte) 125  
 Bülbüls, Kurzfußdrosseln 104  
 Burma 94, 179  
 Buschwindröschen 125, 126, 129

## C

*Caesalpinia echinata* (Brasilholzbaum) 203  
 – *C. sappan* 203  
*Calliandra* 101  
*Callitris* 152, 153  
 – *C. hugelii* 68  
*Canarium* 90  
*Cantharellus cibarius* (Pfifferling) 131  
*Capsicum annuum* (Span. Pfeffer, Parika) 210  
 Capybara, Wasserschwein 85, 105  
*Carica papaya* (Papayas) 210  
*Carpinus* (Hain-, Hage- oder Weißbuche) 122  
 – *C. betulus* (Hainbuche, Gemeine Hagebuche) 26, 122  
*Carya* (Hickory) 123  
 – *C. glabra* 123  
 – *C. illinoensis* (Pecannuß) 123  
 – *C. ovata* 120  
*Caryota urens* (Palme) 208  
*Cascara sagrada* 213  
 Casiquiare 115  
*Cassia angustifolia* (Sennesblätter) 213  
*Castanea* (Kastanie) 123  
 – *C. dentata* (Amerik. Kastanie) 203  
 – *C. sativa* (Europ. Edelkastanie) 202  
*Castanopsis cuspidata* (Goldkastanie) 141  
*Castilla elastica* 198  
*Casuarina* («Sheoak») 90, 150, 152, 153, 163  
*Catalpa* (Trompetenbaum) 139  
 Catinga s. Dornwald  
*Cavanillesia* 95  
*Cecropia* 84  
*Cedrela* (Südamerik. Zeder) 162  
*Ceiba pentandra* (Kapokbaum) 162, 163, 209  
*Cephaelis ipecacuanha* (Brewurz) 213  
*Ceratonia siliqua* (Johannisbrotbaum) 203, 210  
*Cercaertus concinnus* (Schlafmausbeutler) 155  
*Cercidiphyllum japonicum* (Katsurabaum) 141



*Ceriops* (Mangrove) 96, 97  
 Cerrado s. Trockenwälder  
*Certhia familiaris* (Waldbaumläufer) 128  
*Cervus canadensis* (Wapiti, Elk) 74  
 – *C. elephas* (Rot- oder Edelhirsch) 74, 75  
*Chamaecyparis obtus* (Hinoki-Scheinzypresse) 140  
 – *C. pisifera* (Sawara-Scheinzypresse) 141  
 – *C. thyoides* (Weiße Scheinzypresse) 22, 137  
*Chamaeleo dilepis* (Lappenchamäleon) 102  
 Chamäleon 103  
 – Lappenchamäleon (*Chamaeleo dilepis*) 102  
 Chile 43, 132, 134, 178  
 Chinارينdenbaum (*Cinchona*) 85, 115, 212, 213  
 Chinchillas, Hasenmäuse 77  
 Chinin 213  
 Chipmunk s. Hörnchen  
*Chlorophora tinctoria* (Fustikbaum) 203  
 Chlorophyll, Blattgrün 17, 18, 83, 131  
*Chondodendron tomentosum* (Curare) 212, 213  
*Chorisia* 209  
 – *C. speciosa* 209  
*Chrysoplea ornata* (Schmuckbaumschlange) 109  
*Cinchona* (Chinarindenbaum) 85, 115, 212  
 – *C. coccinifera* 213  
*Cinnamomum camphora* (Kampferbaum) 140  
 – *C. zeylanicum* (Zimt) 210  
*Citrus aurantifolia* (Zitronelle) 210  
 – *C. limon* (Limon) 210  
 – *C. sinensis* (Apfelsine) 210  
 Clarit 22  
*Clethrionomys glareolus* (Wühlmaus) 124  
 Coalbrookdale 37  
 Cocablätter 212, 213  
*Coccinella septempunctata* (Marienkäfer) 128  
*Cocos nucifera* (Kokospalme) 150, 208, 209, 210  
*Coelodonta antiquitatis* (Wollnashorn) 27  
*Coffea arabica* (Kaffeebohnen) 210  
 Coir (Kokosbast) 208, 209  
*Cola acuminata* (Kola- oder Gurunuß) 213  
*Comphoridaceae* 63  
*Commiphora molmol* (Myrrhe) 196  
*Condrophython virialis* (Python) 107  
 Cook, Kapitän James 42, 69, 146, 149  
*Cooksonia* 21  
*Coprinus atramentarius* (Knotentintling) 131  
 Cordaiten (Schachtelhalme) 20  
 Cort, Henry 37  
 Corylus (Haselnuß) 31, 125, 126  
 – *C. avellana* 211  
*Cryptomeria japonica* (Cryptomerie, Sichel-tanne) 140, 141  
 – *C. japonica* «Elegans» 141  
 Cryptomerie, Sichel-tanne (*Cryptomeria japonica*) 140, 141, 163  
*Cupressus sempervirens* (Echte Zypresse) 134  
 Curare 104, 212, 213  
*Cutleria multifida* (Alge) 20  
*Cyathea* (Baumfarn) 21  
*Cycas*, Palmfarne 20, 21, 150  
*Cyclobalanopsis* (Immergrüne Eiche) 140  
*Cyclosa tremula* (Spinne) 103  
*Cyrtandra* 89

## D

Dachse 124, 127, 142  
 – Europ. (*Meles meles*) 124  
*Dacrydium* (Harzeibe) 90  
 – *D. cupressinum* («Rimus») 69  
 – *D. franklinii* («Huon») 69, 153  
 Dahl, Karl F. 181  
 Darby, Abraham 36, 37  
 Darwin, Charles 115, 149  
 Datteln 210, 211  
*Datura sanguinea* (Stechapfel) 213  
 De la Condamine, Charles-Marie 114, 115

*Dendrocalamus giganteus* (Bambus) 98  
 – *D. strictus* 206  
*Dicerorhinus kirchbergensis* (Waldnashorn) 27  
*Dicksonia* (Baumfarn) 151, 152  
*Dioscorea* (Yamswurzel) 210, 213  
*Diospyros* (Ebenholz) 87, 163  
*Dipterocarpus* (Zweiflügelfruchtbaum) 83, 88, 90  
*Dischidia* 88  
 Donkin, Bryan 180, 181  
 Dornwald 94, 95  
 Dossenschildkröte 137  
 Douglasie (*Pseudotsuga*) 47, 157, 162, 163, 166, 167, 177, 178, 217  
 – Douglas-tanne (*P. menziesii*) 56, 57, 66, 70, 73  
 Doussie (*Azelaia*) 163, 177  
*Dryopteris filix-mas* (Wurmfarn) 213  
 Dscharrach s. Eukalyptus  
 Ducker, Schopfantilopen 87  
 Dunlop, John Boyd 200, 201  
 Durchforstung 167  
 Durit 22  
 Dürreschäden 44

## E

Ebenholz (Afrik.) 117, 163, 174  
 Edelmarter 77  
 – Fichtenmarter 76  
 Eibe 16, 57, 125, 163  
 Eiche (*Quercus*) 16, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 66, 67, 120, 122, 123, 125, 129, 137, 138, 140, 145, 146, 162, 163, 175, 176, 178, 192, 203  
 – Daimjo-Eiche (*Q. dentata*) 120  
 – Eiche, Goldschuppige (*Q. chrysolepis*) 134  
 – Eiche, Lorbeerblättrige (*Q. laurifolia*) 137  
 – Eiche, Spitzblättrige (*Q. agrifolia*) 134  
 – Färbereiche (*Q. velutina*) 120, 203  
 – Kastanieneiche 203  
 – Kelloggeiche 203  
 – Kermeseiche (*Q. coccifera*) 203  
 – Korkeiche (*Q. suber*) 134, 204, 205  
 – Roteiche, Nördliche (*Q. borealis* oder *rubra*) 120, 122, 162  
 – Spitzeiche (*Q. acutissima*) 141  
 – Steineiche (*Q. ilex*) 134  
 – Stieleiche (*Q. robur*) 17, 34, 120, 122, 163, 176, 203  
 – Straucheiche (*Q. dumosa*) 134  
 – Traubeneiche (*Q. petraea*) 120, 203  
 – Valonea-Eiche (*Q. aegilops*) 202, 203  
 – Weideneiche (*Q. phellos*) 137  
 – Weißeiche (*Q. alba*) 120, 176, 203  
 – Zerreiche (*Q. cerris*) 203  
 Eichel 32, 74, 122, 131, 134, 210  
 Eichhörnchen s. Hörnchen  
 Eidechsen 89, 159  
 Eisenherstellung 36, 37, 192  
 Eisenrindenbaum s. Eukalyptus  
 Eisevögel 105  
 – Kookaburra, Jägerliet 153  
 Ekuador 93, 213  
*Elaeis guineensis* (Ölpalme) 196, 197  
 Elch (*Alces alces*) 58, 62, 74, 75  
 – Alaska-Elch (*A. a. gigas*) 75  
 – Elch, Amerikanischer, Moose 54, 74  
 – Elk s. Hirsche: Rothirsch  
 – Nord- oder Westelch 27, 28, 29  
 – Roosevelt-Elch 71  
 Elefant 27, 48, 87, 89, 112, 169  
 – Waldelefant (*Paleaoloxodon antiquus*) 27  
 Elektrische Fische 104  
*Elettaria cardamomum* (Kardamomen) 210  
 «El Gigante» 73  
 Elster (*Pica pica*) 126  
 Endemiten 86, 87, 92, 93, 149, 150, 159  
 «Energiefarmen» 217

*Ephedra sinica* (Meerträubchen) 213  
 Epiphyllen 101  
 Epiphyten (s. auch Bromelien, Orchideen) 68, 80, 84, 86, 92, 94, 100, 101, 152, 157, 158  
*Equisetum telmateia* (Schachtelhalm) 21  
 Erdbeerbaum (*Arbutus*) 134  
 – Madrona (*A. menziesii*) 134  
 Erdbeere (*Fragaria*) 210, 211  
 – Walderdbeere (*F. vesca*) 27  
 Erdstern (*Gastrium triplex*) 131  
 Erholung 41, 117, 214, 215  
*Ericaceae* (Heidekrautgewächse) 93  
*Erinaceus europaeus* (Europ. Igel) 124  
 Erle 16, 31, 55, 62, 162, 163, 192, 203  
*Erythroxylon coca* 213  
 Esche (*Fraxinus*) 16, 28, 31, 122, 123, 125, 131, 138, 162, 163, 176  
 – Manna- oder Blumenesche (*F. ornus*) 213  
 – Rotesche (*F. pensylvanica*) 123, 162  
 Espe, Aspe s. Pappel: Zitterpappel  
*Eucalyptus calophylla* 152  
 – *E. camaldulensis* («River Red Gum», Rotgummibaum) 151, 152, 163  
 – *E. citriodora* 152  
 – *E. coolabah* 152  
 – *E. crebra* (Eisenrindenbaum) 150, 152  
 – *E. deglupta* 50, 134, 217  
 – *E. diversicolor* (Karri) 150  
 – *E. filicifolia* 150  
 – *E. globulus* (Eukalyptusöl) 197  
 – *E. haemastoma* 153  
 – *E. marginata* (Dscharrach) 150, 192  
 – *E. micrantha* 152  
 – *E. obliqua* 150  
 – *E. pauciflora* 151  
 – *E. regnans* 73, 150, 151, 152  
 – *E. saligna* 150  
 – *E. tetradonta* 152  
*Eugenia* 90  
 – *E. caryophyllus* (Gewürznelken) 211  
 Eukalyptus (*Eucalyptus*) 43, 48, 68, 69, 90, 146, 148, 149, 150–151, 152, 154, 155, 163, 179, 188, 189, 192, 197  
 – Dscharrach (*E. marginata*) 34, 150, 152, 154, 163  
 – Eisenrindenbaum (*E. crebra*) 150, 152, 163  
 – Karri (*E. diversicolor*) 150, 152, 154, 163, 179  
 – «Stringybark»-Eukalypten 152, 163  
 – Rotgummibaum s. *E. camaldulensis*  
 – Zwerg-eukalypten (Mallee Scrub) 152, 153  
 Eukalyptusöl 197  
 Eulen 59, 60, 106, 129  
 – Fischeule 105  
 – Schnee-Eule 65  
 – Sperbereule 62  
 – Uhu 62  
 – Waldkauz 128  
 Everglades 23, 136–137

## F

*Fagus* (Buche) 150  
 – *F. crenata* 140  
 – *F. grandifolia* (Großblättrige Buche) 120  
 – *F. japonica* 120, 140, 163  
 – *F. longipetiolata* 120  
 – *F. orientalis* 120  
 – *F. silvatica* (Rotbuche) 120, 122  
 Falken 59, 60, 62, 105, 143  
 Falter s. Schmetterlinge  
 Farbhölzer 203  
 Farne 20, 21, 70, 71, 80, 89, 149  
 – Baumfarne 21, 151, 157, 158  
 – Palmfarne (*Cycas*) 20, 21, 150  
 – Wurmfarn (*Dryopteris filix-mas*) 213  
 Fasanen 143  
 Faserpflanzen 208, 209  
 Faßfertigung 176

Faulbaum, Amerik. (*Rhamnus purshiana*) 213  
 – Faulbaum, Dornenloser (*R. frangula*) 192  
 Faultiere 27, 102, 103  
 – Riesenfaultier (*Paramylodon*) 27  
 Fawcett, Percy 115  
 Feige 89, 104  
 – «Mörderfeige», «Würgerfeige» 80, 100, 101  
 Feigengallwespe 89  
 Felsengebirge, Rocky Mountains 26, 54, 66, 123  
 Fichte (*Picea*) 27, 54, 56, 57, 62, 66, 68, 138, 140, 162, 163, 176, 179, 188, 189  
 – Engelmansfichte (*P. engelmannii*) 65, 66  
 – Fichte, Gemeine, Rottanne (*P. abies*) 56, 63, 65, 162, 163  
 – Fichte, Sibirische (*P. obovata*) 56, 62, 65  
 – Himalaja-Fichte 67, 163  
 – Morindafichte 67, 163  
 – Schwarzfichte (*P. mariana*) 56, 63, 65, 162  
 – Sitkafichte (*P. sitchensis*) 50, 56, 70, 162, 163  
 – Yedofichte (*P. jezoensis*) 140  
 – Weißfichte (*P. glauca*) 56, 63, 65, 162  
 Fichtengallenlaus 45  
*Ficus elastica* (Indischer Gummibaum) 198  
 Fidschiinseln 90, 156, 158, 159  
*Fistulina hepatica* (Leberpilz) 130  
 Fingerhut 128  
 Fingertier, Aye-Aye (Lemure) 110, 111  
*Fitzroya cupressoides* (Alerce) 68, 69  
 Fledermäuse (s. auch Flughunde) 80, 83, 89, 105, 106, 126, 149, 159  
 – Blattnasenfledermäuse 85, 107  
 – Blutsauger, Großer 106  
 – Mausohr (*Myotis lucifugus*) 107  
 Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) 130  
 Florida 134  
 Flugbeutel s. Kletterbeutel  
 Flugdrachen 108, 109  
 Flügelnuß (*Pterocarya*) 139  
 Flughunde, Fliegende Hunde (Großfledermäuse) 106, 159  
 – Flugfuchs (*Pteropus seychellensis*) 107  
 Flußdelphine 105  
 – Ganges-Delphin, Susa, Schnabeldelphin 105  
 – Orinoko-Delphin, Butu, Bonto 105  
 Flußpferd (*Hippopotamus*) 105  
 – Flußpferd, Nilpferd (*Hippopotamus amphibius*) 87, 105  
 – Zwergflußpferd 105  
 Forstwirtschaft, Waldbau 37, 38, 40, 41, 43, 47, 48, 50, 51, 85, 117, 132, 133, 138, 140, 143, 166–167, 169, 214, 216, 217  
 Forstwissenschaft s. Forstwirtschaft  
 Fourdrinier, Gebrüder 181  
*Fragaria* (Erdbeere) 211  
 – *F. vesca* (Walderdbeere) 27  
*Fraxinus* (Esche) 122, 125  
 – *F. ornus* (Mauna- oder Blumenesche) 213  
 – *F. pensylvanica* (Rotesche) 123  
 Frösche (s. auch Kröten u. Laubfrösche) 97, 106, 149, 159  
 – Flugfrosch (*Rhacophorus nigropalmatus*) 108, 109  
 – Goliathfrosch 103  
 – Pfeilgiftfrosch 103  
 Fruchttauben 104, 108  
 – Maori-Fruchttaube 157  
 Fuchs, Rotfuchs 58, 59, 62, 77, 125, 126, 129, 142  
 – Polarfuchs, Eisfuchs 27, 62, 74, 76, 77  
 – Silber- oder Platinfuchs 76, 77  
*Funtumia elastica* 198  
 Furniere 164, 174–175  
 Fustik- oder Gelbholzbaum (*Chlorophora tinctoria*) 162, 203



## G

Galagos, Echse, Buchbabies (Halbaffen) 110  
 – Allens-Galago 110  
 – Demidoff-Galago 110  
 – Kielnagelgalago, Ohrenmaki 110  
 Galapagosinseln 115, 149  
 Gavia s. Krokodile 105  
*Gastrum triplex* (Erdstern) 131  
 Geckos, Haftzeher 103  
 – Faltengecko (*Ptychozoon kuhli*) 108, 109  
 Gefäßsystem, Leitgewebe 16, 17, 20, 21, 127  
 Gemse 66, 67, 157  
 «General-Sherman-Baum» 72, 73  
 Gerbsäuren 16, 202, 203  
 – Gallusgerbsäure, Tannin 203  
 Geweihbaum (*Gymnocladus dioica*) 138  
 Gewürznelkenbaum (*Eugenia caryophyllus*) 211  
 Gibbons, Langarmaffen 24, 110, 111  
*Gigantochloa verticillata* (Bambus) 207  
 Ginkgo 21, 26  
 – *Ginkgo biloba* 20, 138, 139  
 Gleitflieger 108–109, 155  
 Glukose 217  
*Gmelina arborea* 43, 50, 163  
 Gnus (Kuhantilopen) 94  
 Goldkasterie (*Castanopsis cuspidata*) 141  
 Goodyear, Charles 200  
 Gorilla 24, 110, 111, 112  
 – Berggorilla 99  
 Götterbaum (*Ailanthus altissima*) 138, 163  
 Gottesanbeterin 103  
 Grasbaum (*Xanthorrhoea*) 150, 152  
 Grashüpfer (*Acrididae*) 85, 88  
 Greenheart 117, 162, 169, 177, 179  
 Greifstachler, Südamerik., Coëndu 103  
*Grevillea* (Seideneiche) 155, 163  
*Guadua angustifolia* (Bambus) 207  
 Guajavenbaum (*Psidium guajava*) 210, 211  
*Guarea* (Bosse) 86, 163  
 Guayana, Bergland von 92, 93  
 Guerezas, Stummelaffen 25, 111  
 Gummi s. Kautschuk  
 Gummibaum, Indischer (*Ficus elastica*) 198  
 Gummiharze 196, 197  
 – *Gummi arabicum* (Akaziengummi) 196, 197  
*Gymnarchus* s. Nilhechte  
*Gymnocladus chinensis* 138  
 – *G. dioica* (Geweihbaum) 138  
 Gymnospermen, Nachtsamer 17, 20

## H

*Haematoxylon brasiletto* 202, 203  
 Häher, Stellerscher (*Cyanocitta stelleri*) 71  
 Hain-, Hage- oder Weißbuche (*Carpinus*) 122  
 – Hainbuche, Gemeine Hagebuche (*C. betulus*) 26, 122, 163, 176  
 Halbaffen, *Prosimia*, 24, 25, 110, 111  
 Hallimasch (*Armillaria mellea*) 45, 130  
 Handelshölzer s. Nutzhölzer  
*Hamamelis virginiana* (Zaubernuß) 213  
 Harpie 85  
 Hartholz 16, 17, 162, 164, 179, 183  
 Hartlaubwälder 120, 134–135, 138, 140, 152, 162  
 Hartriegel 120, 162  
 Harze und Balsame (s. auch Gummiharz) 16, 30, 182, 194, 196–197, 205  
 – Benzoeharz 197, 213  
 – Dammarharz 197  
 – Kolophonium 194, 195  
 – Kopalharz 197  
 – Mastix 197  
 Harzeibe (*Dacrydium*)  
 – «Huon» (*D. franklinii*) 69, 153  
 – «Rimus» (*D. cupressinum*) 69  
 Haselmaus 124, 131  
 Haselnuß (*Corylus*) 31, 125, 126, 210, 211

Hasen, Kaninchen 58, 59, 125, 147, 149  
 – Schneehase 61, 65  
 – Schneehase, Amerik. (*Lepus americanus*) 58, 59  
 Hawai 149, 150, 158, 159  
 Heidekrautgewächse (*Ericaceae*) 93  
 Heidelbeere 210, 211  
 Hemlocktanne (*Tsuga*) 47, 57, 70, 162, 178, 188, 189  
 – Gebirgshemlocktanne 66  
 – Hemlocktanne, Westamerik. (*T. heterophylla*) 56, 57, 162  
 Herbizide 166, 167  
 Hermelin s. Wiesel, Großes  
*Hevea* (Gummi-, Kautschukbaum) 114, 115, 162, 198  
 – *H. brasiliensis* 85, 117, 198, 199, 200  
 Hickory (*Carya*) 26, 120, 123, 145  
 – Pecannuß (*C. illinoensis*) 123, 162, 210  
 Hibabau (*Thuyopsis dolabrata*) 140  
 Hiebsarten 167  
 Himalaja 54, 56, 57, 66, 67, 123  
 Himbeere (*Rubus idaeus*) 211  
 Hindukusch 67  
*Hippopotamus amphibius* (Nilpferd) 87, 105  
 Hirsche (s. auch Elch und Rentier) 27, 45, 58, 61, 66, 74–75, 85, 89, 142, 157, 215  
 – Axis-Hirsch, Tschital 74  
 – Damhirsch 74, 75  
 – Reh 74, 129  
 – Schwarzwedelhirsch 71  
 – Sikahirsch 74  
 – Rot- oder Edelhirsch (*Cervus elaphus*) 74, 75  
 – Maral 74  
 – Wapiti, Elk (*C. canadensis*) 74  
 – Weißwedel- oder Virginischer Hirsch (*Odocoileus virginianus*) 74, 75  
 Hoazin, Schopf- oder Zigeunerhuhn 105  
 Hochwild 143  
 Holzkalkohol 217  
 Holzasse 32  
 Holzbohrer 128, 129  
 Holzernte 73, 166, 167, 168–169, 217  
 Holzhandel 89, 164–165  
 Holzkohle 21, 30, 34, 36, 37, 192–193, 217  
 Holzschliff 181, 182, 186, 187  
 Holzwerkstoffplatten 164, 172–173, 174, 187  
 Hörnchen (s. auch Murmeltier) 58, 62, 77, 86, 89, 102, 103, 129, 131  
 – Chipmunk, Backenhörnchen 58, 131  
 – Dornschwanzhörnchen (Gleitflieger) 108  
 – Eichhörnchen, Eichkätzchen (*Sciurus vulgaris*) 124, 125  
 – Flughörnchen 108  
 – Grauhörnchen (*Sciurus carolinensis*) 128  
 Humboldt, Alexander von 84, 114, 115  
 Hyatt, J. W. 188  
*Hydnophytum* 88  
*Hydnum repandum* (Stoppelpilz) 130  
*Hydrastis canadensis* (Arzneipflanze) 213  
*Hyla maxima* (Riesenlaubfrosch) 107  
 Hominiden 24, 25  
*Hopea* 90  
 Hülsenfrüchtler, Leguminosen 88, 150  
*Hypophoma fasciculare* (Schwefelkopf, Büschelpilz) 130

## I

Ibisse, Sichler 97  
 Igel 131  
 – Igel, Europ. (*Erinaceus europaeus*) 124, 125  
 Indianer 36, 112, 113, 114, 115  
 Indri (Halbaffe) 111  
 Inkas 29, 93, 114  
 Insektenschäden 44, 45  
 Iroko, «Afrik. Eiche» (*Oldfieldia africana*) 34, 163, 179  
 Ituri-Wald 87

Jaborandiblätter 213  
 Jagdsport 34, 37, 40, 142–143, 214  
 Jahrringe 16  
 Japan 54, 120, 122, 138, 156, 165, 206, 207, 208  
 Jari-River-Projekt 50, 51, 85  
 Java 88, 206  
*Johannisbrodbaum* (*Ceratonia siliqua*) 203, 210  
*Juglans* (Walnuß) 123  
 – *J. regia* (Walnüsse) 210, 211, 213  
*Juniperus communis* (Gemeiner Wacholder, Krametsbeere) 210  
*J. monosperma* 66  
 – *J. virginiana* (Virginische Zeder, Rotzeder) 70  
*J. wallichiana* 65

## K

Käfer 106, 128  
 – Eichensplintkäfer (*Scolytus intricatus*) 128  
 – Leuchtkäfer (*Lucernuta*) 106, 107  
 – Marienkäfer, Siebenpunkt (*Coccinella septempunctata*) 128  
 – Schnellkäfer 106  
 Kaffeebaum (*Coffea arabica*) 211  
 Kaiserpaulownie (*Paulownia tomentosa*) 138  
 Kakteen 95  
 Kalabar, Gottesurteilsbohnen 213  
 Kalamites 20  
 Kälteschäden 64  
 Kamahi 156, 157  
 Kambium 16, 28  
 Kampferbaum (*Cinnamomum camphora*) 140, 163  
 Kanadagans 60  
 Känguruhs, Springbeuteltiere 149  
 – Baumkänguruh 91  
 – Riesenkänguruh 153  
 – Wallaby 153  
 Kannenpflanze (*Nepenthes*) 55, 101  
 Kapokbaum (*Ceiba pentandra*) 162, 163, 209  
 Kapuzineraffen, Rollschwanzaffen 111  
 Kardamomen 210, 211  
 Karibu s. Rentier  
 Karpaten 54, 66  
 Kaskadengebirge 56, 66  
 Kastanie (*Castanea*) 123, 140, 163  
 – Edel- oder Eßkastanie, Europ. (*C. sativa*) 163, 192, 202, 211  
 – Kastanie, Amerik. (*C. dentata*) 203  
 – Roßkastanie 163  
 Kasuar 90, 91  
 Katalonien 134  
 Katsurabaum (*Cercidiphyllum japonicum*) 141  
 Katta (Maki) 111  
 Katzen, Katzenartige Raubtiere 102, 103, 106  
 – Frettkatze, Fossa 87  
 – Genette, Ginsterkatze (Schleichkatze) 86  
 – Marmorkatze (Kleinkatze) 89  
 Kauliflorie, Stammbühtigkeit 83  
 Kautschik (*Agathis*-Arten) 34, 55, 68, 69, 156, 157, 158, 159, 163  
 Kauri- oder Kopallichte (*A. australis*) 150  
 Kautschuk 38, 39, 85, 89, 198–199, 200–201  
 – Kautschukpflanzen 198, 200  
 Kermesschildlaus 203  
*Khaya* (Afrik. Mahagoni) 87, 163  
 Kiefer, Föhre (*Pinus*) 27, 34, 35, 48, 54, 55, 56, 57, 62, 68, 90, 118, 120, 132–133, 134, 138, 145, 162, 167, 194, 195, 216, 217  
 – Aleppokiefer (*P. halepensis*) 132, 133, 195  
 – Arizona-Nußkiefer 66  
 – Arve, Zirbelkiefer (*P. cembra*) 57, 65, 67, 163  
 – Banks-Kiefer (*P. banksiana*) 56, 63, 65  
 – Drehtkiefer (*P. contorta*) 50, 56, 66, 163  
 – Elliott- oder Slashkiefer (*P. elliotii*) 56, 132, 133, 137

– «Fichte», Koreanische (*P. koraiensis*) 132  
 – Gelbkiefer (*P. echinata*) 56, 132, 133  
 – Goldkiefer (*P. ponderosa*) 56, 66, 162, 195  
 – Grannenkiefer (*P. aristata*) 66, 73  
 – Himalaja-Tränenkiefer 67, 163  
 – Jeffreykiefer 66  
 – Kiefer, Waldföhre, Gemeine (*P. silvestris*) 17, 56, 63, 132, 133, 162, 163, 178  
 – Kiefer, Sibirische, «Sibirische Zeder» (*P. sibirica*) 56, 62, 63, 65  
 – Loblollykiefer 56  
 – Monterey-Kiefer (*P. radiata*) 17, 43, 50, 133, 156, 157, 162, 163, 179, 188, 189, 195  
 – Pinie, Schirmkiefer (*P. pinea*) 132, 134, 163  
 – Rotkiefer (*P. resinosa*) 56  
 – Rot- oder Dichtblütige Kiefer (*P. densiflora*) 132, 133, 140, 163  
 – Schwarzkiefer, Korsische (*P. nigra*) 132, 133, 163  
 – Schwarzkiefer, Österreich., 163  
 – Strandkiefer (*P. pinaster*) 132, 133, 134  
 – Strobe, Japanische (*P. pentaphylla*) 132, 133  
 – Strobe, Mexikanische (*P. ayacahuete*) 132, 133  
 – Strobe, Östliche, Weymouthskiefer (*P. strobus*) 56, 132, 133  
 – Sumpfkiefer (*P. palustris*) 35, 56, 132, 133, 137, 162  
 – Thunbergskiefer (*P. thunbergii*) 140  
 – Weihrauchkiefer (*P. taeda*) 132, 133, 137  
 – Weißborkenkiefer 66  
 – Weymouthskiefer, Westamerik. (*P. monticola*) 56, 66, 132, 133  
 – Zuckerkiefer (*P. lambertiana*) 56, 66, 132, 133  
 Kiefertriebwickler 60  
 Kirsche (*Prunus*) 16, 17, 123, 131, 163, 175  
 – Blütenkirschen 138, 140, 141  
 – Traubenkirsche, Spätblühende (*Prunus serotina*) 162, 213  
 – Yoshino-Kirsche 140  
 Kiwi, Schnepfenstrauß 87, 157  
 Klammeraffen, Spinnenaffen 103, 110, 111  
 Kleinbären s. Bären  
 Kletterbeutler (*Phalangeridae*) 108, 155, 156  
 – Kuskus 91, 103, 159  
 – Riesenflugbeutler (*Scoinoibates volans*) 155  
 – Ringelschwanzphalanger (*Pseudocheirus peregrinus*) 155  
 – Schlafmausbeutler (*Cercaetus concinnus*) 155  
 – Streifenkuskus 91  
 Klimaxwald 116, 123, 137  
 Klonzüchtung 50, 167  
 Knollenblätterpilz, Grüner, Giftwüstling (*Amanita phalloides*) 131  
 Knotentintling (*Coprinus atramentarius*) 131  
 Koala, Beutelbär (*Phascogale cinereus*) 153, 154, 155  
 Koboldmaki, Gespenstfleh 110, 111  
 Kohle 22, 23, 36, 37, 40  
 Kohlebildende Bäume 20  
 Kohnleimeler 192, 193  
 Kollenstoffkreislauf 18, 19, 116, 217  
 Kokospalme s. Palmen  
 Koks 36, 37, 192  
 Kola, Gurnuß 212, 213  
 Kolibris 85, 101, 108  
 Kondor (*Vultur gryphus*) 93  
 Kontinentaldrift 20, 21  
 Kookaburra s. Eißvögel  
 Korallenholz 203  
 Kork 134, 204–205  
 Krakatua 89  
 Krallenaffen 111



Kreuzschnäbel 58, 60, 62  
 – Bindenkreuzschnäbel 59  
 – Fichtenkreuzschnäbel 59  
 – Kiefernkreuzschnäbel 59  
 Krokodile 89, 91, 97, 105  
 – Gavia 105  
 – Mississippi-Alligator 137  
 Kröten 125, 124  
 – Erdkröte (*Bufo bufo*) 125  
 Kuba 84  
 Kuppelhütte 113, 178  
 Kurzschwanzaffen, Uakaris 111  
 Kümmerwuchs 64, 92, 166  
 Kuskus s. Kletterbeutler  
 Küstensequoie, Küsten-Mammutbaum, Rot-  
 holz (*Sequoia sempervirens*) 26, 57, 68, 69,  
 72, 73, 162

---

**L**  
 Lamantin s. Seekühe  
*Laminaria hyperborea* (Alge) 20  
 Lärche (*Larix*) 16, 54, 57, 62, 67, 138, 162,  
 176  
 – Japanlärche (*L. kaempferi*) 140, 163  
 – Lärche, Dahurische (*L. dahurica* oder  
*gmelini*) 57, 63, 65  
 – Lärche, Europäische oder Gemeine  
 (*L. decidua* oder *europaea*) 35, 57, 65, 163  
 – Lärche, Sibirische (*L. sibirica*) 57, 62, 63,  
 65  
 – Lärche, Westamerik. (*L. occidentalis*) 57,  
 66, 162  
 – Tamaraklärche, Ostamerik. Lärche  
 (*L. laricina*) 57, 63, 162  
*Larix dahurica* oder *gmelini* (Dahurische  
 Lärche) 57, 63, 65  
 – *L. decidua* oder *europaea* (Europ. oder  
 Gemeine Lärche) 57, 65  
 – *L. kaempferi* (Japanlärche) 140  
 – *L. laricina* (Tamaraklärche, Ostamerik.  
 Lärche) 57, 63  
 – *L. occidentalis* (Westamerik. Lärche) 57  
 – *L. sibirica* (Sibirische Lärche) 57, 63, 65  
 Latex 198, 199, 200, 201  
 Luan (*Shorea*) 163, 179  
 Laubbäume, Bau 16, 17  
 Laubfrösche, Baumfrösche 100, 103, 108  
 – Beutelfrösche 103  
 – Grüner Baumfrosch 137  
 – Riesenlaubfrosch (*Hyla maxima*) 107  
*Laurus nobilis* (Lorbeerblätter) 210, 211  
 Leberpfl. (*Fistulina hepatica*) 130  
 Leguane 97  
 Leitgewebe s. Gefäßsystem  
 Lemminge 27, 58, 59, 62, 65  
 Lemuren (Halbaffen) 24, 25, 87, 106, 111  
*Leopoldinia piassaba* (Palme) 208  
*Lepidodendron* (Bärlapp) 20  
*Lepidosiren* (Schuppenmolch) 105  
*Lepidozamia hopei* (Palmfarn) 150  
*Lepiota procera* (Riesenschirmling) 131  
*Lepialis Theonoe* (Schmetterling) 115  
*Lepus americanus* (Amerik. Schneehase)  
 Libanon 30, 31  
 Limone (*Citrus limon*) 167, 210  
 Linde (*Tilia*) 16, 28, 140  
 – Linde, Europ. (*T. europaea*) 123, 163  
 – Sommerlinde (*T. platyphyllos*) 123  
 – Winterlinde (*T. cordata*) 123  
*Liquidambar* (Amberbaum) 139  
*Liriodendron chinense* 138  
 – *L. ulipifera* (Tulpenbaum) 26, 138, 162  
*Lithocarpus* 90  
 Löffler 97, 137  
 – Rosenlöffler 137  
*Lophira alata* (Bongossi, «Afrik. Eiche») 86  
 Lorbeerblätter 210, 211  
 Loris, Faulaffen 24, 110, 111  
*Lucernuta* (Leuchtkäfer) 107  
 Luchs, Lynx 58, 59, 60, 62, 77

Ludwig, Daniel K. 85  
 Lungenfische (s. auch Schuppenmolch) 105  
 – Lungenfisch, Afrik. (*Protopterus  
 annectans*) 105  
 – Lungenfisch, Austral. (*Neoceratodus*)  
 105  
*Lycoperdon pyriforme* (Birnenstäubling) 131  
*Lycopodium clavatum* (Bärlapp) 21

---

**M**  
*Macaranga* 100  
 – *M. caladifolia* 103  
 Macchie 134  
*Maclura pomifera* (Osagedorn) 202  
*Macrozamia* (Palmfarn) 150, 152  
 Madagaskar 81, 86, 87, 106, 110, 111, 207  
*Magnolia denudata* (Julan-Magnolie) 138  
 – *M. grandiflora* (Großblütige Magnolie) 123  
 Magnolie (*Magnolia*) 16, 123  
 – Großblütige Magnolie (*M. grandiflora*) 123  
 – Julian-Magnolie (*M. denudata*) 138  
 – Magnolie, Virginische 137, 162  
 Mahagoni 117, 169, 176  
 – Khaya-Mahagoni (*Khaya*) 87, 163  
 – Mahagoni, Echtes (*Swietenia*-Arten) 34, 35,  
 83, 85, 162, 176  
 Makaken 25, 97, 111  
 Maki s. Lemuren  
 Makoré (*Mimusops*) 163  
 Malaysia 82, 88, 89, 98, 158, 200, 206  
*Malapterus* (Zitterwels) 104  
 Malve, Wilde (*Malva silvestris*) 27  
 Mammut (*Mammuthus*) 26, 27, 28  
 Mammutbaum (*Sequoiadendron giganteum*)  
 57, 66, 68, 72, 73, 140  
*Mammuthus imperator* (Mammut) 26  
 – *M. primigenius* 27  
 Manati s. Seekühe  
 Mandeln 210  
 – Mandelöl 197  
*Mangifera indica* (Mangopflaumen) 210  
 Mangobaum (*Mangifera indica*) 210  
 Mangrove 96–97, 136, 137, 146, 202, 203  
 Manihot-Baum (*Manihot glaziovii*) 198  
 Markstrahlen 17, 175  
 Marmosetten, Pinseläffchen 102, 110, 111  
*Marmota monax* (Waldmurmeltier) 124  
 – *M. olympus* (Olymp. Murmeltier) 71  
*Marsupialia* (Beuteltiere) 85, 90, 91, 153,  
 154–155  
 Maulbeerbaum, Weißer (*Morus alba*) 176  
 – Papiermaulbeerbaum (*Broussonetia  
 papyrifera*) 180, 208  
 Mäuse 124, 125, 128, 131  
 – Waldmaus (*Apodemus silvaticus*) 125,  
 129  
 Mbuti-Pygmäen 25  
 «McKinley-Baum» 73  
 Meerkatzen (Affengruppe) 111  
 Meerträubchen (*Ephedra sinica*) 213  
*Melanerpes formicivorus* (Rotkopfspecht)  
 128  
*Meles meles* (Europ. Dachs) 124  
*Melocanna bambusoides* (Bambus) 206  
 Melonenbaum (*Carica papaya*) 210  
 Menschenaffen 24, 25, 110, 111  
*Menura superba* (Prachtleierschwanz) 43  
*Metasequoia glyptostroboides* (Chinesisches  
 Rotholz) 138  
 «Methusalem-Baum» 73  
 Mezquitebaum (*Prosopis juliflora*) 210  
 Mimikry, Schutzfärbung 85, 88, 103, 104,  
 105, 115  
*Mimusops* (Makoré) 86  
 Miombo s. Trockenwälder  
 Moa 149  
 Molukken 90  
 Monsunwälder 94, 95  
 Moosbeere 211  
 Moran, Thomas 42

*Mormyrus* s. Nilhechte  
*Morus alba* (Weißer Maulbeerbaum) 176  
 Moschus- oder Bisamochse 27, 62  
 Motten 125, 126, 127  
 Mourea 148  
 Murmeltier 61, 126  
 – Murmeltier, Olympisches (*Marmota  
 olympus*) 71  
 – Waldmurmeltier (*M. monax*) 124, 131  
*Musa* (Banane) 211  
 Musikinstrumente-Fertigung 176  
*Mustela erminea* (Großes Wiesel) 128  
 – *M. zibellina* (Zobel) 76  
 Mykorrhiza-Pilze 55, 81  
*Myotis lucifugus* (Mausohr)  
*Myristica fragrans* (Muskatnuß und  
 -blüte) 210  
 Myrrhe 196

---

**N**  
 Nachtaffen, Durukulis, 106, 110, 111  
 Nadelbäume, Struktur 16, 17  
 Nadelwald, borealer 28, 54, 55, 60, 62–63,  
 74, 81, 138  
 Nährstoffkreislauf 81  
 Nahrungspyramide 60, 61, 86  
 Nasenaffe 97  
 Nashörner 27, 28, 89  
 – Javanashorn 88  
 – Panzernashorn, Indisches 88  
 – Sumatra-Nashorn 88  
 – Waldnashorn (*Dicerorhinus kirchber-  
 gensis*) 27  
 – Wollnashorn (*Coelodonta antiquitatis*) 27  
 Nashornvögel 104, 108  
 – Doppelhornvogel 108, 109  
 Naturschutz 41, 42, 43, 50, 51, 117, 143  
 Nektarien, Honigdrüsen 101  
 Nelkenpfeffer 210  
*Neoceratodus* (Austral. Lungenfisch) 105  
 Nepenthes (Kannenpflanze) 101  
*Nephelium lappaceum* (Rambutan) 210  
 Neuguinea 81, 90, 91, 92, 93, 109, 148, 149,  
 150, 158  
 Neuseeland 34, 35, 42, 43, 55, 87, 90, 133,  
 134, 148, 149, 150, 151, 158  
 Neuweltaffen, Breitenasennaffen 24, 25, 84, 85,  
 110, 111  
 Nieren- oder Cashewnußbaum (*Anacardium  
 occidentale*) 210  
 Nilhechte (*Mormyridae*) 104  
*Nipa fruticans* (Atap-Palme) 26  
 Norfolkkanne s. Araukarie  
*Nothofagus* (Südbuche) 148, 150, 163  
 – *N. cunninghamii* 150  
 – *N. fusca* (Neuseeländische Rotbuche) 151,  
 156  
 – *N. moorei* 150  
 Nutria, Biberratte, Sumpfbiber 77  
 Nutzhölzer, Handelshölzer 16, 38, 83, 88,  
 133, 150, 152, 157, 162, 163, 166, 216, 217  
 – Bau- und Ausstattungsholz (s. auch  
 Holzwerkstoffplatten, Schiffbau) 89,  
 117, 122, 123, 132, 156, 178–179  
 – Industrieholz für Papier und Zellulose  
 122, 182, 186, 188  
*Nyssa* (Tupelobaum) 22  
 – *N. aquatica* (Wasser-Tupelobaum) 136,  
 137  
 – *N. silvatica* (Wald-Tupelobaum) 137

---

**O**  
*Odocoilus virginianus* (Weißwedelhirsch) 75  
 Okapi 86  
*Oldfieldia africana* (Iroko) 34  
 Öle 196–197  
 Ölbaum, Olivenbaum (*Olea europaea*) 134,  
 135, 174, 197  
 Olympia-Nationalpark 67, 70–71  
 Opossum s. Beuteltieren

Orang-Utan 24, 110, 111  
 Orchideen 80, 84, 88, 89, 92, 100, 103  
 – *Coryanthes*-Orchidee 103  
 – *Dendrobium*-Orchidee 96  
 Orleansstrauch (*Bixa orellana*) 202  
 Osagedorn (*Maclura pomifera*) 202  
 Ostsee 22, 31, 54, 194  
 Otter 71, 76, 142  
 – Otter, Kanadischer (*Lutra canadensis*) 70  
 – Seootter, Meerotter 76  
*Oudemansiella mucida* 19  
 Ozelot (Kleinkatze) 106

---

**P**  
 Paca 85  
 Padouk, Padauk (*Pterocarpus*) 163, 203  
*Palaeoloxodon antiquus* (Waldelefant) 27  
 Palisander, Rosenholz, Echtes 162, 175, 176  
 Palmen 26, 80, 86, 92, 146, 148, 149, 150,  
 159, 203, 208  
 – Atap-Palme (*Nipa fruticans*) 26, 97  
 – Borassus-, Palmyrapalme (*Borassus  
 flabellifer*) 208, 211  
 – Calamus-, Rohr- oder Rotangpalme 80,  
 208, 209  
 – Dattelpalme, Wilde (*Phoenix silvestris*) 211  
 – Kokospalme, Echtes (*Cocos nucifera*) 89,  
 150, 163, 208, 209, 210  
 – Königspalme (*Roystonea elata*) 137  
 – Nadel- oder Bambuspalme (*Raphia*) 208  
 – Ölpalme (*Elaeis guineensis*) 196, 197  
 – Palmmettopalme (*Sabal palmetto*) 137  
 – Piassavepalme, Echtes oder Brasil.  
 (*Attalea funifera*) 208  
 – Sagopalme 210  
 – Zuckerpalme, Molukkenzuckerpalme  
 (*Arenga saccharifera*) 211  
 Palmilie 27, 213  
 Palmöl 89  
 Panther, Leopard (Großkatze) 89  
 Papageien 97, 103, 106, 108  
 – Eclectus-Papageien 109  
 – Graupapagei, Jakob 86  
 Papier (s. auch Zellstoff) 180, 182, 183, 184,  
 186, 216  
 – Kraftpapier 183, 187  
 – Papierindustrie 38, 164, 168, 180, 181,  
 184–185, 194, 195, 217  
 Pappel (*Populus*) 16, 122, 138, 139, 140,  
 162, 167  
 – Balsampappel, Kalifornische (*P. tricho-  
 carpa*) 122, 162  
 – Espe, Aspe, Zitterpappel (*P. tremula*) 29,  
 55, 62, 74, 122  
 – Schwarzpappel, Europ. (*P. nigra*) 122  
 – Schwarzpappel, Nordamerikanische  
 (*P. deltoides*) 122, 162  
*Papuacedrus* 90  
 Paradiesvögel 90, 109  
*Paramylodon* (Riesenfauiltier) 27  
 Para- oder Brasilnußbaum (*Bertholletia  
 excelsa*) 210  
 Parasiten 100  
*Parus atricapillus* (Weidenmeise) 128  
 Passiflora (Passionsblume) 101  
 – *P. edulis* (Grenadille, Passionsfrucht) 210  
 Passionsblume (*Passiflora*) 101, 210  
 Pastinak, Gemeiner (*Pastinaca sativa*) 27  
*Paulownia tomentosa* (Kaiserpaulownie) 138  
 Pecannuß s. Hickory  
 Peddigrohr 208, 209  
 Pelikan, Brauner 137  
 Pelztierfang 76–77, 144  
 Pestizide 167  
 Pfeffer, Schwarzer (*Piper nigrum*) 210, 211  
 Pfeffer, Spanischer, Paprika (*Capsicum  
 annum*) 210  
 Piifferling, Eierschwamm (*Cantharellus  
 cibarius*) 131  
*Phalangeridae* (Kletterbeutler) 155



*Phascolarctus cinereus* (Koala) 154  
 Philippinen 25, 88, 117, 150, 209  
 Phloem (Siebteil des Gefäßsystems) 16, 17  
*Phoenix dactylifera* (Datteln) 210  
 – *P. silvestris* (Wilde Dattelpalme) 211  
 Photosynthese 16, 17, 18, 19, 60, 83, 127, 152  
*Phyllocladus asplenifolius* («Selleriefichte») 69, 163  
*Phyllostachis pubescens* (Bambus) 207  
*Phylostomus bastatus* (Neuwelt-Blattnasen-fledermaus) 107  
*Physostigma venenosum* (Kalabarbohnen) 213  
*Pica pica* (Elster) 126  
*Picea abies* (Gemeine Fichte, Rottanne) 56, 63, 65  
 – *P. engelmannii* (Engelmannsfichte) 65  
*P. glauca* (Weißfichte) 56, 63, 65  
 – *P. glehnii* 140  
 – *P. jezoensis* (Yedofichte) 140  
 – *P. mariana* (Schwarzfichte) 56, 63, 65  
 – *P. obovata* (Sibirische Fichte) 56, 65  
 – *P. sitchensis* (Sitkafichte) 50  
*Pilocarpus microphyllus* (Jaborandiblätter) 213  
 Pilze (s. auch Zersetzerorganismen) 27, 130, 131, 215  
 – Rostpilze 44  
 Pilzkrankheiten 44, 45  
*Pimenta dioica* (Nelkenpfeffer) 210  
 Pinchot, Gifford 40, 43  
*Pinus* (Kiefer) 194  
 – *P. aristata* (Grannenkiefer) 73  
 – *P. ayacahuite* (Mexikanische Strobe) 132, 133  
 – *P. banksiana* (Banks-Kiefer) 56, 63, 65  
 – *P. caribea* 50, 51  
 – *P. cembra* (Zirbelkiefer) 57, 65  
 – *P. contorta* (Drehkiefer) 50  
 – *P. contorta* var. *murrayana* 63  
 – *P. densiflora* (Rot- oder Dichtblütige Kiefer) 132  
 – *P. echinata* (Gelbkiefer) 132, 133  
 – *P. elliotii* (Elliot- oder Slashkiefer) 132, 133  
 – *P. halepensis* (Aleppokiefer) 133  
 – *P. khasya* 133  
 – *P. koraiensis* (Koreanische «Fichte») 132, 133  
 – *P. lambertiana* (Zuckerkiefer) 56, 132  
 – *P. massoniana* 133, 132  
 – *P. merkusii* 133  
 – *P. monticola* (Westamerik. Weymouths-kiefer) 56, 132  
 – *P. nigra* (Korsische Schwarzkiefer) 132, 133  
 – *P. palustris* (Sumpfkiefer) 35  
 – *P. pentaphylla* (Japanische Strobe) 132, 133  
 – *P. pinaster* (Strandkiefer) 134  
 – *P. pinea* (Pinie, Schirmkiefer) 132, 134  
 – *P. ponderosa* (Goldkiefer) 56  
 – *P. radiata* (Monterey-Kiefer) 17  
 – *P. resinosa* (Rotkiefer) 56  
 – *P. sibirica* («Sibirische Zeder») 56, 63, 65  
 – *P. silvestris* (Gemeine Kiefer) 17  
 – *P. strobus* (Östliche Strobe, Weymouths-kiefer) 56, 132, 133  
 – *P. strobus* var. *chiapensis* 132  
 – *P. taeda* (Weihrauchkiefer) 132, 133, 137  
 – *P. thunbergii* (Thunbergskiefer) 140  
 Pinene 195  
 Pinienkerne, Pignolien 210  
 Pionierpflanzen 96, 97, 100  
*Piper nigrum* (Schwarzer Pfeffer) 210  
 Piraya, Piranha 104  
*Pistacia lentiscus* (Mastix) 197  
 Pistazien 210  
 Plantagenwälder s. Forstwirtschaft  
 Platane (*Platanus*) 21, 162, 163  
*Pleurotus ostreatus* (Austernseitling) 130

*Podargus papuensis* (Riesenschwalm) 106  
*Podocarpus* (Steineiben) 90, 93, 163  
 – *P. dactyloides* 69  
 – *P. falcatus* (Quteniqua-Steineibe) 68  
 – *P. ferrugineus* 69  
 – *P. spicatus* 69  
 – *P. totara* (Totara) 69  
 Podsole 55  
*Polygonatum multiflorum* (Vielblütige Weißwurz) 27  
*Populus deltoides* (Nordamerik. Schwarzpappel) 122  
 – *P. nigra* (Europ. Schwarzpappel) 122  
 – *P. tremula* (Espe, Aspe) 122  
 – *P. trichocarpa* (Kalif. Balsampappel) 122  
*Porcellio scaber* (Kellerassel) 125  
 Portugal 134, 204, 205  
 Potto (Lori) 110, 111  
 Prachtlerschwanz (*Menura superba*) 43  
 Preiselbeere 211  
 Priestervogel (*Prosthemadera novaeseelandiae*) 157  
 Primärwald 83, 117  
 Primaten, Herrentiere 24, 25, 89, 99, 102, 108, 110–111  
*Prosimia* s. Halbaffen  
*Prosopis juliflora* (Mezquitebaum) 210  
*Protopterus annectans* (Afrik. Lungenfisch) 105  
*Prunus serrulata* 138  
 – *P. serotina* (Wildkirsche) 213  
*Pseudocheirus peregrinus* (Ringelschwanzphalanger) 155  
*Pseudotsuga* (Douglastanne, Douglasie) 56, 57  
 – *P. menziesii* 56, 57, 73  
*Psidium guajava* (Guajaven) 211  
 Psilophyten, Urlandpflanzen 20  
*Pterocarpus* (Padouk, Sandelholz) 203  
 – *P. soyauxii* 112  
*Pterocarya* (Flügelnuß) 139  
 Puma (Mittelkatze) 71  
 Punan-Stamm 25  
 Purgierbeeren, Kreuzdornfrüchte  
 Purpurhuhn 137  
 Pyrenäen 26, 120  
 Pythons s. Riesenschnlangen  
 Quebracho-Baum (*Schinopsis balansae* oder *lorentzii*) 202, 203  
*Quercus acutissima* (Spitzeiche) 141  
 – *Q. aegilops* (Valonea-Eiche) 202, 203  
 – *Q. agrifolia* (Spitzblättrige Eiche) 134  
 – *Q. alba* (Weißliche) 34, 120  
 – *Q. borealis* oder *rubra* (Nördliche Rot-eiche) 120, 122  
 – *Q. cerris* (Zerreiche) 203  
 – *Q. chrysolepis* (Goldschuppige Eiche) 134  
 – *Q. coccifera* (Kermeseiche) 203  
 – *Q. dentata* (Daimjo-Eiche) 120  
 – *Q. dumosa* (Straucheiche) 134  
 – *Q. glandulifera* 141  
 – *Q. ilex* (Steineiche) 134  
 – *Q. laurifolia* (Loorbeerblättrige Eiche) 137  
 – *Q. mongolica* 120  
 – *Q. montana* 120  
 – *Q. occidentalis* 204  
 – *Q. petraea* (Traubeneiche) 120  
 – *Q. phellos* (Weideneiche) 137  
 – *Q. robur* (Stieleiche) 17, 34, 120, 122, 203  
 – *Q. suber* (Korkeiche) 134, 204  
 – *Q. velutina* (Färbereiche) 120, 203  
 – *Q. virginiana* (*virens*) 34, 137  
 Quezon-Nationalpark 117

## R

*Rafflesia arnoldii* (Riesenblume) 101  
 Rallenkranich 137  
*Ramapithecus* 24, 25  
 Rambutan (*Nephelium lappaceum*) 210

*Rangifer tarandus* (Rentier) 74, 75  
 – *R. tarandus caribou* (Karibu) 74  
 – *R. tarandus tarandus* (Nordeurop. Ren) 74, 75  
 Raphia, Raffia (Nadel-, Bambuspalmen) 208  
 – *R. graolis* 208  
 – *R. hookeri* 208  
 – *R. ruffia* 208  
 Rata 156, 157  
 Rauhußhühner 62  
 – Alpenschneehuhn 65  
 – Auerhuhn 58, 61  
 – Birkhuhn 61  
 – Moorschneehuhn 58  
*Rauwolfia* 212  
 – *R. serpentina* 213  
 Réaumur, René de 181  
 Regenwürmer 55, 121  
 – Regenwurm, Großer (*Lumbricus terrestris*) 124  
 Reh s. Hirsche  
 Reiher 87  
 – Fischreiher 105, 137  
 – Kanadareiher, Weißer (*Ardea herodias occidentalis*) 137  
 – Seidenreiher 105, 137  
 Reiskulturen 85  
 Rentier (*Rangifer tarandus*) 62, 65, 74, 75  
 – Karibu (*R. tarandus caribou*) 58, 62, 65, 74  
 – Ren, Nordeurop. (*R. tarandus tarandus*) 74, 75  
 Reyon 182, 188, 190  
*Rhacophorus nigropalmatus* (Flugfrosch) 108, 109  
*Rhamnus cathartica* (Purgierbeeren) 213  
 – *R. frangula* (Dornloser Faulbaum) 192  
*R. purshiana* (Amerik. Faulbaum) 213  
*Rhizophora* (Mangrove) 97, 96  
 Rhododendren 65, 67  
*Rhopalostylis sapida* (Palme) 150  
*Ricinus communis* 213  
 Riesenblume (*Rafflesia arnoldii*) 101  
 Riesengleitflieger, Hundskopfgleiter, Pelzflatterer 108  
 Riesenlebensbaum (*T. plicata*) 56, 57, 162, 163  
 Riesenschirmling, Parasol (*Lepiota procera*) 131  
 Riesenschlangen 105  
 – Anakonda 105, 104  
 – Pythonschlangen 89, 105  
 Robert, Louis 180, 181  
 Robinie, Falsche Akazie 163  
 Rodung und Methoden 28, 29, 43, 48, 49, 87, 91, 112, 116, 138, 156, 157, 217  
 Roosevelt, Theodore 38, 114  
 Rosenholz s. Palisander  
 Rotholz, Chinesisches (*Metasequoia glyptostroboides*) 138  
 Rotkehlchen 126, 127, 131  
 Rotwild, Schalenwild s. Hirsche  
 Rotzeder, Austral. Zeder (*Toona australis*) 91, 163  
*Roystonia elata* (Königspalme) 137  
*Rubus idaeus* (Himbeere) 211  
 Rücketechniken 169  
*Rumex acetosa* (Sauerampfer) 27

## S

*Sabal palmetto* (Palmettopalme) 137  
 Säbelzahniger (*Smilodon*) 27, 28  
 Sägewerk 170–171, 193  
 Salbaum (*Shorea robusta*) 94, 163, 209  
*Salix alba* (Silberweide) 212  
 – *S. alba* var. *caerulea* («Kricketschlägerweide») 176, 177  
 – *S. caroliniana* 137  
 – *S. fragilis* (Bruchweide) 212, 213  
 – *S. purpurea* (Steinweide) 212, 213  
*Salvadora persica* (Zahnbürstenbaum) 213

Samenverbreitung s. Vermehrung  
 Sandelholz (*Pterocarpus*) 163, 203, 205  
 Sapelli, Sapele 163, 175  
*Sarcophilus harrisii* (Beutel- oder Buschteufel) 155  
 Satanspilz (*Boletus satanas*) 131  
 Sauerampfer (*Rumex acetosa*) 27  
 Sauerstoffkreislauf 19, 116  
 Schachtelhalm 20, 21  
 Schädlings- und Krankheitsbekämpfung 50, 166, 167  
 Scheinkamelen 138  
 Scheinzypresse, Weiße (*Chamaecyparis thyoides*) 137  
 – Hinoki-Scheinzypresse (*C. obtusa*) 140  
 – Lawson-Scheinzypresse (*C. lawsoniana*) 163  
 – Sawara-Scheinzypresse, Zederzypresse (*C. pisifera*) 141, 163  
 Schiffbau 34, 35, 37, 176, 177  
 Schimpanse 24, 25, 110, 111  
*Schinopsis balansae* (Quebracho-Baum) 202  
 – *S. lorentzii* 202  
 Schlaffschwanzaffen, Sakis 111  
 Schlammhummern 97  
 Schlammpringer 97  
 Schlangen (s. auch Riesenschlangen) 86, 159  
 – Rautenschlange 153  
 – Schmuckbaumschlange (*Chrysopelea ornata*) 108, 109  
 – Seeschlangen 97, 105  
 Schlangenhalsvögel 105, 137  
 «Schleimwald» 93  
 Schlich, Sir William 40  
 Schling- und Kletterpflanzen 44, 45, 68, 80, 84, 86, 88, 94, 100  
 Schmetterlinge 103, 104, 115, 126, 127, 128, 129  
 – Flechtenfalter 85  
 – Heliconier, Helikoniden (exotische Tagfalter) 85, 101  
 – Morphofalter 104  
 – Radscha-Brook-Vogelfalter 105  
 – Rotfalter (*Apatura ilia*) 126, 127  
 – Schwalbenschwänze 104  
 – Vogelfalter 90, 104  
 Schmetterlingsfische 105  
 Schneehuhn s. Rauhußhühner  
 Schnurbaum, Vierflügeliger (*Sophora tetrapara*) 150  
 – Kowhai 156  
*Schoenibates volans* (Riesenflugbeutler) 155  
 Schönbain, Christian Friedrich 188  
 Schraubenbäume 92  
 Schuppenmolch (*Lepidosiren*) 105  
 Schuppentiere, Pangoline 103  
 Schutzwälder 41, 43, 66, 138, 148, 157  
 Schwalm 106  
 – Fettschwalm, Guacharo 106  
 – Riesenschwalm (*Podargus papuensis*) 106  
 Schwetelpilz, Büschelpilz (*Hypholoma fasciculare*) 130  
*Scolytus intricatus* (Eichensplintkäfer) 128  
 Seehunde 76  
 Seekühe 105  
 – Lamantin, Rundschnanzseekuh 105  
 – Manati (*Trichechus inunguis*) 105  
 Seidenbaum (*Albizia*) 140, 163  
 Seideneiche (*Grevillea*) 153  
 Sekundärwald 83, 117, 209  
 Senesblätter (*Folia Sennae*) 213  
 Senoi- oder Sakaistamm 112  
*Sequoia sempervirens* (Küstensequoie) 26, 54, 57, 72, 73  
*Sequoiadendron giganteum* (Mammutbaum) 57, 72, 73  
 Sequoia-Nationalpark 73  
 «Sheoak» s. *Casuarina*  
*Shorea* (Lauan) 89, 179  
 – *S. brachaelata* (Dammarharz) 197  
 – *S. robusta* (Salbaum) 209



Sibirischer Wald 62  
Sierra Nevada 56, 66, 67, 73, 93  
Sifaka (Lemure) 87  
Skandinavien 54, 56, 164, 165, 168, 181  
Skunke, Stinktiere 76, 77  
*Smilodon* (Säbelzahniger) 27  
Sonnenrallen 105  
Sonnentau 55  
Sonnenvogel 101  
*Sonneratia* (Mangrove) 96, 97  
– *S. caseolaris* 97  
*Sophora tetraptera* (Vierflügeliger Schnurbaum) 150, 163  
Spanisches Moos, Greisenbart (*Tillandsia usneoides*) 136, 137, 209  
Specht 71  
– Rotkopfspecht (*Melanerpes formicivorus*) 128  
Sperrholz 164, 172–173, 174, 176  
Spinnen 103  
– Krabbspinne 88  
Spinnenaffen 24, 25  
Spitzhörnchen (Halbaffe) 111  
Spitzmäuse 58, 59, 61, 124, 127  
– Arktische Spitzmaus 27  
– Waldspitzmaus (*Sorex araneus*) 125  
Sporen s. Vermehrung  
Sportgeräte 176, 177  
Springaffen, Titis 111  
Stanley, H. M. 115  
Stechapfel (*Datura sanguinea*) 213  
Stechmücken, Moskitos 60, 61, 106  
Stechpalme 31, 120, 124, 163  
Steineiben (*Podocarpus*) 55, 68, 69, 140, 156, 157  
– Kahikatea 156, 157  
– Matai 157  
– Quteniqua-Steineibe (*P. falcatus*) 68  
– Rimu 156, 157, 163  
– Totara (*P. totara*) 156, 157  
Steinkohle 22, 23  
Steinpilz (*Boletus edulis*) 130  
Stickstoffkreislauf 19  
Stoppelpilz (*Hydnum repandum*) 130  
Streichholzherstellung 177  
*Strophantus* 212  
– *Strophantus kombé* 213  
Strudelwürmer 103  
*Strychnos nux-vomica* (Brechnuß) 213  
*Styrax benzoin* (Benzoeharz) 197, 213  
Südbuche (*Nothofagus*) 68, 69, 134, 135, 150, 151, 152, 153, 156  
– Rotbuche, Neuseeländische (*N. fucsa*) 151  
Sukkulenten 95, 96  
Sumatra 88, 89, 101  
Sumpfwälder (s. auch Mangrove) 23, 158  
Sumpfpypresse (*Taxodium*) 16, 162  
– Mexikanische Sumpfpypresse (*T. mucronatum*) 73  
– Virginische Sumpfpypresse (*T. distichum*) 57, 134–135  
Swan, Sir Joseph 188  
*Swietenia* (Echtes Mahagoni) 85

## T

*Tachypodajulus* (Tausendfüßler) 124  
*Tamandua* s. Ameisenbären  
Tamarin (Krallenäffchen) 111  
– Springtamarin 111  
Tangkol-Baum 104  
Tanne (*Abies*) 27, 28, 34, 54, 56, 57, 68, 140, 163  
– Balsamtanne (*A. balsamea*) 56, 63, 65  
– Coloradotanne (*Abies color*) 66  
– Edel-, Weiß- oder Silbertanne (*A. alba*) 56, 66, 162, 163  
– Edeltanne, Amerikanische, Silbertanne (*A. procera*) 56  
– Felsengebirgstanne (*A. lasiocarpa*) 56, 63, 65  
– Himalajatanne (*A. spectabilis*) 56, 65, 163  
– Küstentanne, Große (*A. grandis*) 56  
– Prachttanne (*A. magnifica*) 56, 66  
– Purpurtanne (*A. amabilis*) 56  
– Tanne, Sibirische (*A. sibirica*) 56, 63, 65  
– Veitch-Tanne (*A. veitchii*) 140, 141  
Tannenhäher, Nußhäher 58, 60, 62  
Tapir 27, 85, 89, 105  
– Schabraken-Tapir 89  
*Tarrietia utilis* 86  
Tarsier 25  
Tasaday-Stamm 25  
Tasmanien 43, 69, 73, 90, 150, 151, 152, 153  
Tauben (s. auch Fruchttauben) 97, 103  
Taubenbaum 138, 139  
Tausendfüßler (*Tachypodajulus*) 124  
*Taxodium distichum* (Virginische Sumpfpypresse) 22  
– *T. macronatum* (Mexik. Sumpfpypresse) 73  
Teak (*Tectona grandis*) 34, 35, 38, 89, 94, 162, 169, 175, 176, 179  
Tenreks, Borstenigel 87  
– Langschwanztenrek (*Microgale longicauda*) 87  
– Reiswühler (*Oryzicetes*) 87  
– Tenrek, Kleiner (*Echinops telfeiri*) 87  
Termiten s. Ameisen  
Terpentinöl 194, 195, 217  
Thailand 94, 179, 200, 209  
*Thecla togarna* (Schmetterling) 103  
*Thuja* (Lebensbaum) 57, 118, 163  
– *Thuja plicata* (Riesenlebensbaum) 56, 57  
*Thuyopsis dolobrata* (Hibabbaum) 140  
Tieflandsregenwälder, tropische (s. auch Amazonas-Regenwald) 43, 50, 51, 68, 138, 149, 152, 158, 162, 169  
*Tilia cordata* (Winterlinde) 123  
– *T. europaea* (Europ. Linde) 123  
– *T. platyphyllos* (Sommerlinde) 123  
Tiger (Großkatze) 89, 106  
– Bengal-Tiger 88  
*Tillandsia usneoides* (Span. Moos, Greisenbart) 209  
*Toona australis* (Rotzeder) 91, 163  
Torf 22, 23  
Torf- oder Moltebeere 211  
*Trichechus inunguis* (Manati) 105  
*Trichosurus vulpecula* (Austral. Opossum) 155  
Trockenwälder 94–95  
Trompetenbaum (*Catalpa*) 139  
Trüffel (*Tuber*) 131  
– Perigord-Trüffel (*Tuber melanosporum*) 125  
Ts'ai Lun 180  
*Tsuga* (Hemlocktanne) 57  
*T. heterophylla* (Westamerik. Hemlocktanne) 56, 57  
*Tuber* (Trüffel) 131  
– *T. melanosporum* (Perigord-Trüffel) 125  
Tukane 85, 104, 108  
Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*) 26, 138  
Tundra 26, 28, 74  
Tupelobaum (*Nyssa*) 22, 162  
– Wald-Tupelobaum (*N. silvatica*) 137  
– Wasser-Tupelobaum (*N. aquatica*) 137  
Turako 86

## U

Ulma, Rüster (*Ulmus*) 16, 34, 35, 122, 162, 163  
– Rotulme (*U. rubra*) 212, 213  
– Ulme, Amerik. (*U. americana*) 123, 162  
– Ulmenkrankheit 44, 45  
Ulmensplintkäfer 45  
*Ulmus* (Ulme, Rüster) 122  
– *U. americana* (Amerik. Ulme) 123  
– *U. rubra* (Rotulme) 213

## V

*Vanilla planifolia* (Vanilleschoten) 210, 211  
Vanilleschoten 210, 211  
*Vatica* 90  
Velamen 100  
Vermehrung 16, 17, 129  
– Bestäubung 16, 17, 24, 51, 83, 88, 101, 103, 157  
– Samenverbreitung 21, 24, 83, 88, 89, 103, 157  
– Sporen 20  
– vegetative Vermehrung 98, 122  
Verpuppung 126, 127  
Versteinerungen 20, 22  
*Vespa cincta* (Wespe) 103  
*Viburnum prunifolium* 213  
Vielfraß 58, 62, 74, 76  
*Vinca rosea* (rosafarbenes Immergrün) 117  
Viskose 188, 190  
*Vitis vinifera* (Weintrauben) 211  
*Voltzia* 20  
*Vonitra fibrosa* (Palme) 208  
*Vombatus ursinus ursinus* (Wombat) 154  
*Vriesea* 101

## W

Wacholder (*Juniperus*) 55, 120  
– «Bleistiftzedern» 163, 176, 177  
– Wacholder, Gemeiner, Krammetsbeere (*J. communis*) 210  
– Zeder, Virginische, Rotzeder (*Juniperus virginiana*) 70, 162  
Waldbaumläufer (*Certhia familiaris*) 128, 129  
Waldschutzgebiete s. Erholung, Naturschutz  
Wallace, Alfred Russel 90, 104, 115  
Walnuß, Nußbaum (*Juglans*) 26, 123, 162, 174, 175, 203, 210, 213  
– Schwarzuß, Amerik. 162, 175  
Wasserkreislauf 19, 116  
Webervogel 86  
Wegener, Alfred 20  
Weichholz 16, 17, 162, 164, 165  
Weide (*Salix*) 16, 29, 31, 55, 60, 62, 74, 122, 140, 163  
– Bruchweide (*S. fragilis*) 212, 213  
– «Kricketschlägerweide» (*Salix alba* var. *caerulea*) 176, 177  
– Silberweide (*S. alba*) 212  
– Steinweide (*S. purpurea*) 212, 213  
Weidenmeise (*Parus atricapillus*) 128  
Weihrauch (*Olibanum*) 196  
Weihrauchzeder 66, 68  
Weinrebe (*Vitis vinifera*) 210, 211  
Weißdorn, Hagedorn 31, 120  
Weißwurz, Vielblütige (*Polygonatum multiflorum*) 27  
Welse 104  
Wespen 89, 103, 181  
Wickham, Henry 198  
*Widdringtonia* (Zypressengewächs) 68  
– *W. nodiflora* 69  
Wiederaufforstung s. Forstwirtschaft  
Wiesel, Großes, Hermelin (*Mustela erminea*) 58, 59, 77, 128  
Wiesel, Kleines 77  
Wildschwein 87, 88, 97, 142, 143  
Wildseide 209  
Windschäden 44, 64  
Winterwiebel (*Allium fistulosum*) 27  
Wirtschaftswälder s. Forstwirtschaft  
Wisent s. Bison  
Wolf 58, 74, 76, 77, 142  
Wolfsmilchschwärmer 104  
Wollaffe 110  
Wollbaum (*Bombax*) 208, 209  
– Wollbaum, Indischer (*B. malabarica*) 209  
Wombat, Plumpbeutler (*Vombatus ursinus ursinus*) 154  
Wühlmäuse (s. auch Lemminge) 45, 58, 59, 124, 127  
Wurzelmaniok, Maniok, Kassave 112, 113, 210, 211  
Wurzeln 16, 17, 19, 101, 124, 125  
– Atemwurzeln, Atemknie (Pneumatophoren) 96, 97, 137  
– Brettwurzeln 82, 92, 94, 137  
– Luftwurzeln 45, 80, 92, 100, 101  
– Rhizome 98, 99, 125, 206  
– Stelzwurzeln, Stützwurzeln 82, 92, 96, 97  
– Zwiebeln 125

## XY

*Xanthorrhoea* (Grasbaum) 150, 152  
Xerophyten 95  
Xylem (Holzteil des Gefäßsystems) 16, 17  
*Xylia xylocarpa* 94  
Yamswurzel (*Dioscorea*) 210, 213  
Yapok s. Beutelratten  
Yellowstone-Park 42, 58  
Young, Arthur 37  
*Yucca* 27, 213

## Z

Zahnbürstenbaum (*Salvadora persica*) 212, 213  
Zapfmethoden 194, 195, 199  
Zaubernuß (*Hamamelis virginiana*) 213  
Zebra 94  
Zedern s. Kiefer: Sibirische Kiefer; Rotzeder; Wacholder: Bleistiftzedern, Virginische Zeder; Zeder, echte; Zeder, Südamerik.  
Zeder, echte (*Cedrus*) 26, 55, 56, 57, 68, 187, 188–189, 190, 191, 217  
– Himalajazeder (*C. deodara*) 56, 57, 67, 163  
– Libanon-Zeder (*Cedrus libani*) 30, 31, 56, 57  
Zeder, Südamerik. (*Cedrela*) 176  
Zelkove 140  
Zellstoff 40, 148, 181, 182–183, 184, 186, 189  
– Sulfatverfahren 181, 183, 186, 194, 195  
Zellulose (s. auch Zellstoff) 85, 182, 186, 187, 188–189, 190, 191, 217  
Zersetzerorganismen (Bakterien, Pilze; s. auch Mykorrhiza) 18, 19, 80, 121, 123, 131  
Zibetkatze (Schleichkatze) 86  
Zikaden, Zirpen 106, 134  
Zimt, Kaneel 210  
Zimtbaum (*Cinnamomum zeylanicum*) 114, 210, 211  
Zitteraal 104  
Zitterwels (*Malapterus*) 104  
Zitronelle (*Citrus aurantifolia*) 210  
Zobel (*Mustela zibellina*) 62, 76, 77  
Zürgelbaum (*Celtis*) 162  
Zweiflüglfruchtbaum (*Dipterocarpus*) 83, 88, 90  
Zypresse (*Cupressus*; s. auch Scheinzypresse, Sumpfpypresse) 55, 68, 163  
– Zypresse, Echte (*C. sempervirens*) 134



# Dank und Bildnachweis

Mitchell Beazley dankt den hier aufgeführten Fotografen, Bildagenturen und Organisationen für ihre Beiträge. Dank gebührt auch den folgenden Einzelpersonen und Institutionen, die bei der Produktion dieses Buches geholfen haben:

International Paper Company, Thomas Amidon, Carl Ashcraft, Henry Berry, James Blanck, Charles Bossier, James Buckner, Linda Cello, Mary Cockerline, Curt Copenhagen, Esther Dorfman, Darwin Fender, Thomas Finch, Warren Goldsmith, Keith Hall, Clarence Halsem, Paul A. Johnson, David Mote, William Olson, Asha Palta, Thomas Pierce, William R. Pollert, Peter C. Quast, James Ralston, Chuck Riekert, Rita Rochon, Harry «Swede» Roller, Thomas Savieello, John J. Stephens, John Stone, Charles Webb, Bill Will, Charles Wilhoite  
Canadian International Paper Company  
Donald Gilliam, Robert Goodfellow, Bernard LeClare

John Blackwell, Western Forestry Research Center, Portland, OR. Chet Makinster, Longview Booming Co., Longview, WA. Elizabeth Ogilvie, Millicent Trowbridge, Meg Price-Whitlock, Paddy Poynder, Ken Hewis.

The Librarians, Australia House, Aldwich, WC2. The Librarian, New Zealand House, High Commission, Haymarket, SW1. Library Staff, British Museum (Natural History), South Kensington and Tring, Herts. Librarians, Royal Horticultural Society, Vincent Square, SW1  
Brine Veneer Mills Ltd., Stratford, E15. Dunlop Limited, Tyre Division, Fort Dunlop, Birmingham. Lake and Cruikshank, Berkhamstead, Herts. Reliance Veneer Co Ltd., London. Miss R. Angel, Economic Botany Collection, Royal Botanic Gardens, Kew. Dr. Clinton Green, Tropical Products Institute, London.  
George Philip and Son Ltd. for information on pages 162–163.

*The Bamboos: A New Perspective* by F. A. MacIure, Harvard University Press, 1966

Abkürzungen: o oben, m Mitte, l links, r rechts, ob oberes Bild, u unteres Bild; AA Animals, Animals, B Biofotos, BC Bruce Coleman, IP International Paper Co, MEPL Mary Evans Picture Library, NHPA Natural Science Photographic Agency, NSP Natural Science Photos, OSF Oxford Scientific Films, VN Valan Naturefotos.

Illustrationen:

John Davis: 59, 96/97, 133u, 102/103, 204, 212/213  
Brian Delf: 33, 56/57, 122/123, 124/125, 127, 128 (Schmetterlinge), 137, 150/151  
Chris Forsey: 16/17, 18/19, 23, 28/29or, 34/35, 38, 55, 63m, 110/110u, 114, 120/121, 127, 171, 173, 174/175, 188/189, 190/191, 198/199, 206/207m  
Vana Haggerty: 196/197 (Pflanzen)  
Peter Hayman: 157  
Tim Hayward: 108/109, 130/131m  
Ingrid Jacobs: 31u, 198u  
Peter Morter: 100/101  
Richard Orr: 24/25  
Colin Salmon: 6/7, 23, 27m, 30/31o, 35m, 55m, 133o, 156m, 174/175m, 179or, 192, 194/195m  
Mick Saunders: 20/21, 26/27, 80/81 (Karten), 107, 148/149, 158/159, 162/163, 164/165, 180/181 (Karte), 193, 199, 201, 202/203, 204/205 (Karte)  
Venner Artists: 178/179, 182/183m, 184/185, 201u  
Marilyn Bruce (Karten): 68/69, 84, 86, 88, 90, 94, 95, 97, 137, 138, 140, 152, 196/197  
Photo Retouching Roy Flooks: 1–13, 38/39, 160/161, 177.

1 VN/Harold V. Green – 2/3 OSF – 4/5 Luiz Claudio Marigo – 6/7 Claire Leimbach – 8/9 NHPA/Dr. Ivan Polunin – 10/11 VN/Albert Kuhnigk – 12/13 John Sims – 14/15 Franco-Flemish tapestry, c. 1500, Château de Verteuil. Photo © Metropolitan Museum of Art, Cloisters Collection, Geschenk von John D. Rockefeller, Jr., Robert Harding Associates – 171 B/Heather Angel, r John Sims – 18 und 19 obr B/Heather Angel – 19unl Biophoto Associates – 211 Biophoto Associates, r B/Heather angel – 22/23 Popperfoto – 23ul Camera Press, um und ur National Coal Board – 25 Black Star Photos/John Launois – 27 Mansell Collection – 28ol Naturfotografarna – 29lr Ronald Sheridan, obr MEPL – 30 Lebanese Tourist Board – 31 Ronald Sheridan – 321 Mansell Collection, u MEPL, r British Library/Ms. Kings 24, f. 47v from medieval Ms. of Virgil's Georgics – 33 obl Barnaby's Picture Library, ul Dr. Alan Beaumont, r © Mitchell Beazley/Photo: Mike Busselle – 34 BC/Robert P. Carr – 35 National Gallery, London – 36ol Peter Newark's Western Americana, om MEPL, ul Mansell Collection, ur und 36/37o © American Museum in Britain, 36 – 37o M. Gold Archiv; 37o und m Sean Keogh Collection, ur USDA Forest Service Photo – 38ol Mansell Collection, m Cadbury Schweppes, Birmingham – 39or J. Allan Cash – 38/39 (Hintergrund) Peter Newark's Western Americana – 40/41o und 40ul USDA Forest Service Photo – 40ur Royal Botanic Gardens, Kew – 41o aus *Des Divers Styles de Jardins*, von M. Fouquier und A. Duchêne/Royal Horticultural Society/Photo: Christopher Barker, u Forestry Commission – 42o *Lower Falls of the Yellowstone River*, von Thomas Moran/Photo © Thomas Gilcrease Institute of American History of Art, Tulsa, Oklahoma, u Reflejo/Susan Griggs Agency – 431 BC/Jane Burton, r BC – 44/45 Bildagentur Mauritius – 45u Alan Hutchison Library, m Dr. Alan Beaumont, unrm John Topham Picture Library, rm Gerald Cubitt, or IP – 46/47 IP – 47ol Rex Features, or Robert Harding Picture Library/Walter Rawlings, u BC – 48/49 Camera Press/Edward P. Leahy/GEO – 48u John Topham Picture Library – 49ul and or United Nations, Photo Library, rm Victor Englebert/Susan Griggs Agency, ur Douglas Dickens – 50/51o Loren McIntyre/Susan Griggs Agency, u IP – 51 u IP – 52/53 Adam Woolfitt/Susan Griggs Agency – 54o Ardea, u Douglas Botting – 55l, unrm B/Heather Angel, l, um VN/Brian Milne – 57 John Sims – 58/59 John Hillelson / © Ernst Haas, Magnum – 58ul BC, ur Naturfotografarna / © Clarence Newton – 59obr und ur BC/Charlie Ott – 60l VN/Taylor, or BC/Jane Burton, mr BC/S.C. Bisserot, 61o BC/Antti Leinonen – 62o OSF/AA/Mark Newman, m BC/Hans Reinhard – 62/63 NHPA/E. Murtomaki – 63or Naturfotografarna, ur Novosti Press – 64 NHPA/E. Murtomaki – 65or BC/Bob and Clara Calhoun, m Naturfotografarna/P. Roland Johanson, ul Brian Hawkes, ur OSF/Earth Sciences/Breck P. Kent – 66/67 Scott Leatherheart – 67 ol Ardea, or VN/Brian Milne, m BC/Hans Reinhard, mr Jacana/Pissavini, u Vision International/Paolo Koch – 68 B/Heather Angel – 69ol Haroldo und Flavia de Faria Castro, or Jacana, m und u B/Heather Angel, u Royal Naval College, Greenwich – 70 BC/Charlie Ott – 70/71 BC – 71ol und or NSP/Yendall, om BC/Charlie Ott, rm BC/Joe Van Wormer, ur OSF – 72l OSF, r B/Heather Angel – 73l BC/Gene Ahrens, or Photri, ur Popperfoto – 75 obl IP or OSF/AA/Dan Suzio, unl BC, ur Bryan and Cherry Alexander – 76l Peter Newark's Western

Americana, r MEPL – 77obl ZEFA/Hans Reinhard, unl IP, obr John Stevenson, ur Mansell Collection – 78/79 Luiz Claudio Marigo – 80 Douglas Dickens – 81l J. Allan Cash, ur P. Villiers Le Moy; 82l Walter Rawlings, r Tony Morrison – 83l und r NHPA/Ivan Polunin – 84or Roger Perry – 84/85u Luiz Claudio Marigo – 85ol Tony Morrison, or Malaysian Rubber Producers Research Association – 86u BC/K. und D. Bartlett – 86/87 BC/Simon Trevor – 87 B/Heather Angel – 88 Chris Grey-Wilson – 88/89 BC/G.D. Plage – 89 NHPA/Ivan Polunin – 90 Australian Picture Library – 90/91 BC/Brian Coates – 91ol Jacana, or J. Allan Cash – 92o Stephon Benson – 92/93 Andrew Sugden – 93o und u BC/G. Ziesler – 94 Cris Grey-Wilson – 95 Hans Hoefler/APA/Susan Griggs Agency – 96/97 Claire Leimbach – 97ol NHPA/E.H. Rao, unl Jacana/La Boute, r NHPA/Ivan Polunin – 98/99 OSF/AA/Kojo Tanaka – 99o Tony Stone Associates, mr Walter Rawlings, u BC/Lee Lyon – 100 Marion Morrison – 101o Luiz Claudio Marigo, u Image Bank – 102 Tony Morrison – 103l Jacana/Gerard, m Ecology Pictures/M.P.L. Fogden, r OSF/AA/Z. Leszczynski – 104 obr Kohn Hoke, unl Jacana/M. Moisanard, o OSF – 105r BC/G.D. Plage, u BC/M.T. O'Keefe – 106/107 Colorific Dmitri Kessel © Time, Inc. – 106 NHPA/Roy D. MacKay – 107 ul NSP/C. Banks, or NSP, mr NHPA/Ivan Polunin, ur OSF – 109o Ardea/Don Hadden, m OSF/AA/Z. Leszczynski – 108/109 (Bildfolge) alle Leonard Lee Rue III – 109 um Collection Dr. Barbara Harrison, ur Alan Hutchison – 110o Ardea/John Mason – 111m Ecology Pictures/M.P.L. Fogden, or Ardea/C. McDougal, ul Jacana – 112, 113ol und unl Su Braden – 113or Alan Hutchison Library, ur Dr. Michael Yorke – 114o Mansell Collection, m MEPL, u aus *Vues des Cordillères* von Humboldt und Bonpland, Royal Geographic Society/Robert Harding Picture Library – 115ol Royal College of Surgeons/Medical Illustration Support Service Ltd., ml aus *The Naturalist in the River Amazons [sic]* von Henry Walter Bates, John Murray 1892, or Mansell Collection, ul Brian Fawcett, ur Popperfoto – 116o Alan Hutchison Library/Jesco von Puttkamer – 117o BC/Brian Coates, u BC/Neyla Freeman – 118/119 John Sims – 120/121 John Sims – 123 ZEFA/M. Becker – 124 John Sims – 125 BC/Leonard Lee Rue III – 126o John Sims, un BC/Leonard Lee Rue III – 127 BC/Eric Crichton, om Naturfotografarna/L. Mathiasson – u BC/M.P.L. Fogden – 128o Ardea/W. Curth, u OSF/AA/Ralph A. Reinhold – 129l Jacana, r OSF/AA/Leonard Lee Rue III – 130l VN/John Fowler, ur John Sims – 131ul ZEFA, obr OSF/AA/Breck P. Kent, ur NHPA/Brian Hawkes – 132l Gallegos, r NHPA/M. Savonius – 134l BC/John A. Burton, r B/Heather Angel – 135ol B/Heather Angel, om Ronald Sheridan, or B/Heather Angel, u BC/Jen und Des Bartlett – 136/137 Paul Miles – 136u Michael Freeman – 137 IP – 139o Barnaby's Picture Library/Loescher, ul Geosides/G. und P. Corrigan, um B/Heather Angel, ur BC/John Markham – 140o Orion – 140/141o Tony Stone Associates – 141r Tony Stone Associates – 142l Ms. Française 616, f. 85, *Livre de la Chasse que fist le Comte Gaston Phébus de Foys*, Seigneur de Béart, 14. – 15. Jahrhundert/Photo © Bibliothèque Nationale – 142/143 John Hillelson/ © Leonard Freed, Magnum – 143obr ZEFA/E. Harstick, ur Barnaby's Picture Library – 144 Mansell Collection – 145o Richard W. Brown, u Vautier-De-Nanxe – 146/147 ZEFA/Erwin Christian – 148o und m G. R. Roberts, u BC – 149o *Whispered Words* von Paul Gauguin / Privatsamm-

lung, u *Captain Cook* von Dance/Photo: National Maritime Museum – 151ul G. R. Roberts, ur Derek Fell / 152ur OSF – 153or NHPA Douglass Baglin, ul B/Heather Angel, m und ur Fritz Prenzel – 154l BC/John R. Brownlie, r OSF/A.G. Wells – 155l Ardea/Jean Paul Ferrero, r Ardea/Don Hadden – 156l Geoff Moo, r G.R. Roberts – 157ol und or Geoff Moon, ul British Museum/Photo: C.M. Dixon – 158/159 ZEFA/B. Benjamin – 159o Drek Fell, u BC/George Laycock – 160/161 J. Allan Cash – 166l G.R. Roberts, r IP – 167l or und u IP – 168 unr Robert Harding Picture Library, ol und unl IP, or John Hillelson/Ted Spiegel – 168/169 Commonwealth Institute – 169om und unrm IP, or Abril – 171or Mireille Vautier, alle übrigen 171/172 IP – 172/173o Council of Forest Industries of British Columbia, alle übrigen 172/173 IP – 175r Sotheby's, alle übrigen Photos © Mitchell Beazley/Naru Inui – 176ol und unr © Mitchell Beazley, or Alfred Knight Ltd. – 177ol Wilkinson Match Co., or © Museum of English Rural Life, mr Holland u. Holland/Photo: Sean Keogh, u Mireille Vautier – 178o Alan Hutchison Library/André Singer, m Port Authority of New York und New Jersey, u Timber Research and Development Association – 179 Barnaby's Picture Library – 180o Fotomas Index, m Mansell Collection – 180/181u Mansell Collection – 181m Mansell Collection, ur Ann Ronan Picture Library – 182o M. Thatcher Archive, u IP – 183 IP – 184 Australian Information Service – 185 alle IP – 186l IP, m Mitchell Beazley London – 186/187 IP – 187m Post Office, r Arthur Sanderson & Sons – 188o Ann Ronan Picture Library, alle übrigen Courtaulds Ltd. 189 alle Courtaulds Ltd. – 190l und ur Courtaulds Ltd., or Bayer – 191ol Bayer, or Royal Aeronautical Society, u Courtaulds Ltd. – 192 John Topham Picture Library – 193 Vautier-De Nanxe, l Photo © Aldred Process Plant Ltd. – 194o MEPL – 194/195u G.R. Roberts – 195o Geoff Howard, r © Mitchell Beazley/Photo: Sean Keogh, r Bush Boake Allen – 196 Anne Bolt – 197o Shell Photographic Service, m 3M Co., u © Mitchell Beazley/Photo: Naru Inui – 198 Dunlop – 199ol Vautier-De Nanxe, alle übrigen Malaysian Rubber Producers Research Association – 200 © Mitchell Beazley/Photos: Naru Inui – 201ol, ml und m © Mitchell Beazley/Photos: Naru Inui, ul und ur Dunlop, mr Malaysian Rubber Producers Research Association – 202o Mireille Vautier – m Ann Ronan Picture Library – 202/203 Mireille Vautier – 204ul Foto-Foto, ur Shell Photographic Unit – 205ul Shell Photographic Unit, um Daily Telegraph Colour Library/J.G. Mason – 205ur Portuguese Trade Office – 207ol, or und unr Mireille Vautier, zweites von u Anglo-Chinese Educational Institute Library, u © Dana Levy – 208ul und ur Briton Chadwick – 209o ZEFA, m Mireille Vautier, ul Dr. Michael Yorke, ur Walter Rawlings – 211ol Finnish Tourist Board, unl Dr. Michael Yorke, or Alan Hutchison Library, unr J. Allan Cash – 210/211 © Mitchell Beazley/Photos: Naru Inui – 214 IP – 215ol, ml, or und ur IP, ul Eric Hosking, mr John Wallace – 216o Gallegos, ul Camera Press/D. Newell Smith – 216/217 N.W. Pirie/Rothamsted Experimental Station – 217r V. A. G. (U. K.) Ltd., Milton Keynes, Audi Volkswagen Concessionaires.











Vordergrund steht dabei die Bedeutung des Wechsels der Jahreszeiten für Tier- und Pflanzenwelt. Das Werk widmet sich auch den Inselwäldern, den Waldgebieten von Australien und Neuseeland mit ihrer eigentümlichen Fauna und Flora und der Inselwelt des Stillen Ozeans.

Große Aufmerksamkeit wird den Rohstoffen aus den Wäldern und ihrer geographischen Verteilung geschenkt. Viele Illustrationen veranschaulichen die Verwendungsmöglichkeiten der 144 wichtigsten Hölzer. Furniere, Papierholz, Zellstoff, Zellulose, Kunststoff, Sperrholz, Span- und Faserplatten, Textilien, Holzkohle, Harze und Öle, Kautschuk, Gerbsäuren und Farbstoffe, Kork, Bambus, Naturfasern, Heilmittel werden eingehend behandelt. Schließlich wird der Blick auf die Wälder der Zukunft gerichtet. Ihre Rolle als künftige Energiequelle wird dabei ebenso gewürdigt wie ihre ökologische Bedeutung für das Überleben der Menschheit.

Mehr als 1000 Farbillustrationen machen uns mit den Wäldern der Erde vertraut.

In seinem Vorwort schreibt Hugh Johnson: «Meines Wissens ist dies das erste Buch, das sich mit den Wäldern des ganzen Erdballs befaßt. Um so bedeutsamer also, daß die Autoren um deren Gefährdung wissen und die Zukunft der Wälder dennoch optimistisch beurteilen.»

Weitere Sachbildbände für naturkundlich interessierte Leser

Robert C. Bachmann

**Gletscher der Alpen**

Ein mehrfach ausgezeichneter Bildband für Naturfreunde, Alpinisten, Bergwanderer.

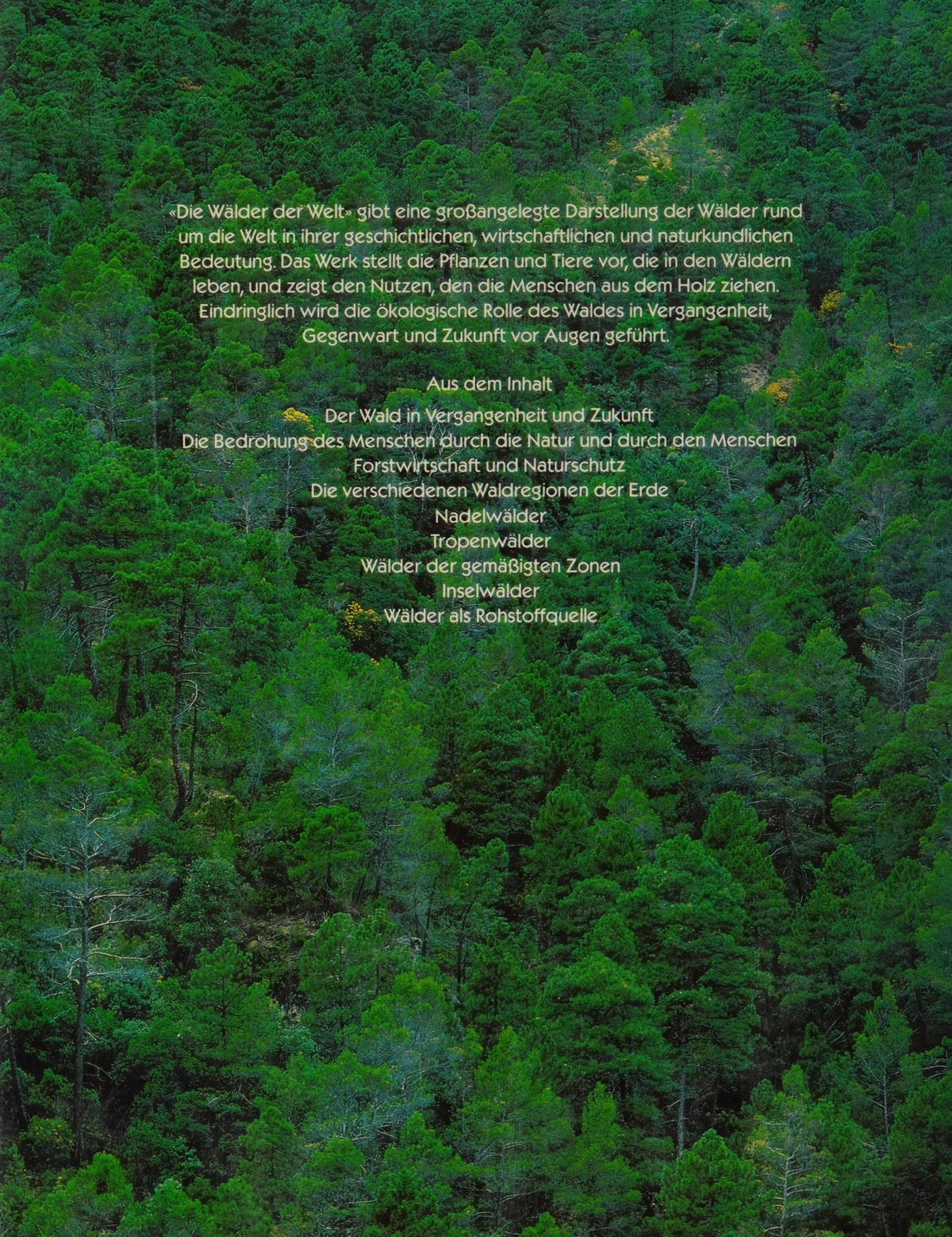
Hugh Johnson

**Das große Buch der Gartenkunst**

Ein einzigartiges Standardwerk, das die Philosophie des Gärtnerns in Rat und Tat vermittelt.

Hallwag Verlag Bern und Stuttgart





«Die Wälder der Welt» gibt eine großangelegte Darstellung der Wälder rund um die Welt in ihrer geschichtlichen, wirtschaftlichen und naturkundlichen Bedeutung. Das Werk stellt die Pflanzen und Tiere vor, die in den Wäldern leben, und zeigt den Nutzen, den die Menschen aus dem Holz ziehen. Eindringlich wird die ökologische Rolle des Waldes in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft vor Augen geführt.

Aus dem Inhalt

Der Wald in Vergangenheit und Zukunft  
Die Bedrohung des Menschen durch die Natur und durch den Menschen  
Forstwirtschaft und Naturschutz  
Die verschiedenen Waldregionen der Erde  
Nadelwälder  
Tropenwälder  
Wälder der gemäßigten Zonen  
Inselwälder  
Wälder als Rohstoffquelle